

10/564301

IAP20 RECEIVED 10 JAN 2006



## **Technical Language Service**

Translations From And Into Any Language

### **GERMAN / ENGLISH TRANSLATION OF**

**Source: PCT Patent Application WO 2005/008686 A1**

**Title of the Invention: Flat Cable**

**Your Ref #: 20050323**

**For: W.L. Gore & Associates, Inc.**

**BEST AVAILABLE COPY**

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization  
International Bureau



(43) International Publication Date  
27 January 2005

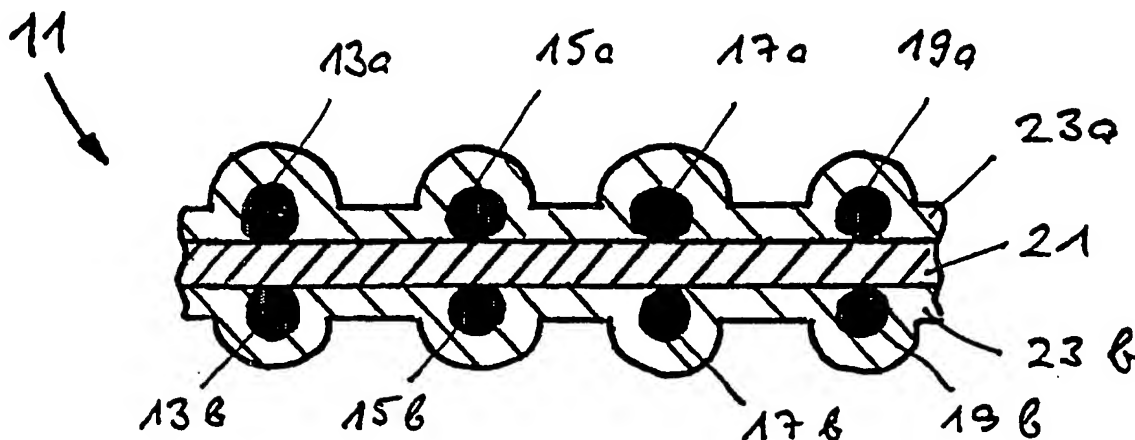
PCT

(10) International Publication Number  
**WO 2005/008686 A1**

- (51) International Patent Classification<sup>7</sup>: H01B 7/08
- (21) International Application No.: PCT/EP2004/007589
- (22) International Filing Date: 9 July 2004
- (25) Filing Language: German
- (26) Publication Language: German
- (30) Priority Data:  
103 31 710.4 11 July 2003 DE
- (71) Applicant (for all designated States except US): W.L. GORE & ASSOCIATES GMBH [DE/DE]; Hermann-Oberth-Strasse 22, 85636 Putzbrunn (DE).
- (72) Inventors; and  
(75) Inventors/Applicants (for US only): REICHERT, Rudolf [DE/DE]; Haselweg 5, 91785 Pleinfeld (DE). MÜLLER, Joachim [DE/DE]; Abt-Maurus-Str. 3, 91785 Pleinfeld (DE).
- (74) AGENT: HIRSCH, Peter; Klunker: Schmitt-Nilson. Hirsch, Winzererstrasse 106, 80797 Munich (DE).
- (81) Designated States (if not otherwise stated, for any available national type of protected right): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,

(Continued on next page)

(54) Title: FLAT CABLE



(57) Abstract: The invention relates to a flat cable having at least two conductor planes, each of which has a plurality of electrical conductors (13a to 19b) extending in longitudinal direction of the flat cable, wherein said conductors are spaced from one another in the direction of the thickness of the flat cable and/or in the direction of the width of the flat cable by means of a central insulating layer (21) having a predetermined thickness and are electrically insulated from one another and with respect to the outer side of the flat cable and positioned by means of an outer insulating layer (23a, 23b). The material for the central insulating layer (21) and for the outer insulating layers (23a, 23b) is chosen in such a way that the hardness of the central insulating layer is greater than that of the outer insulating layer so that the outer insulating layer material is substantially more likely to be displaced than the central insulating layer material when an increasing compressive force is exerted upon the flat cable in the direction of the thickness of the flat cable by the electrical conductors (13a to 19b).

---

TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

- (84) **Designated States** (*if not otherwise stated, for any available national type of protected right*): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM); European (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR); OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Attached publications:**

- with International Search Report.
- before expiration of deadline for amendments to claims; republished, if amendments are received.

*For two-letter codes and other abbreviations refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.*

The invention relates to a flat cable, its use and a method for its production.

Flat cables, which not only have the smallest possible dimensions and high permanent flexibility, but also permit transmission of very high data rates with minimal transit time differences, for example, in the range of 2.5 Gbit/s, are required for certain applications. Such applications include mobile telephones, PDAs (personal digital system) or small computers called palmtops and laptops, which have parts that can be tilted and/or rotated relative to each other, between which high-speed data transmission is required. Because of the small dimensions, especially in the case of mobile telephones and PDAs, such data connections must be produced via flat cables with the smallest possible dimensions, even micro flat cables.

Particularly reliable data transmission is obtained with so-called differential signal transmission, in which the data pulses being transmitted are transmitted via two signal conductors, in non-negated form via one of the two signal conductors and in negated form via the other signal conductor. A specific data bit is therefore transmitted on one of the two signal conductors with high potential and, at the same time, on the other of the two signal conductors with low potential, in which case descending flanks occur on one of the two signal conductors during rising flanks on the other of the two signal conductors and vice versa. This differential signal transmission, with opposite pulse shape over the two signal conductors, permits particularly reliable data transmission. Common-mode disturbances, like crosstalk, are filtered out by the differential signal transmission and disturbances from radiation and emission are significantly reduced.

A cable having very high uniformity with respect to impedance and surge impedance is required for high-speed data transmission. In a flat cable, this means that electrical conductors adjacent to each other, separated by a dielectric, which form a signal conductor pair, must have a spacing from each other that not only must be very well defined, but also must have high-grade uniformity. This uniformity must not only be ensured over the entire length of the cable, but also during operation of the cable, during which bending, twisting and/or flexing movements of the cable must not lead to a change in impedance.

In the context of the present disclosure, the term adjacent is understood to mean proximity in the flat cable thickness direction and/or in the flat cable width direction.

The electrical parameters required for electrical cables that must be suitable for high-speed data transmission are determined quite essentially by the spacing between the two signal conductors, apart from the material of the dielectrics separating the two signal conductors. This is particularly true for the impedance or surge impedance. Ordinary flat cables are one-layered, i.e., all their electrical conductors are situated in the same plane. Common examples of this are shown in EP 1 271 563 A1, EP 096 298 B1 and EP 0 903 757 B1. In all these known flat cables, the electrical conductors are embedded between two insulation sheets corresponding to the width of the flat cable, in which shielding is additionally provided in the case of EP 0 903 757 B1, formed by two electrically conducting layers that enclose the outsides of the two insulation sheets. These cables are suitable only for low frequencies and, in the case of a shielded version, the flexibility and packing density necessary for the applications mentioned in the introduction cannot be reached. The unshielded versions are often not satisfactory with respect to EMC (electromagnetic compatibility) either.

Alternative solutions, like shielded flexible circuit boards and shielded one-layered flat cables, do not satisfy the typical mechanical flex-lifetime requirements of several hundred thousand flex cycles, as are common in the devices mentioned in the introduction with parts that are movable relative to each other.

With the usual methods and equipment for the production of flat cables, it is not possible to ensure a spacing between the electrical conductors lying next to each other in the flat cable width direction with as high a uniformity as would be required for uniformity of impedance of a flat cable suitable for high-speed data transmission.

The underlying task of the invention is to devise a flat cable that can be produced with the dimensions of a micro cable. High impedance and transit time precision between adjacent signal

conductors of a single conductor pair are to be made possible with uniformity high enough for the flat cable to be used for high-speed data transmission.

This is achieved with a flat cable of the type mentioned in Claim 1 or 6, which can be used according to Claim 14 and produced with the method mentioned in Claim 18. Embodiments and modifications are mentioned in the dependent claims.

The invention therefore devises a flat cable having at least two conductor planes, in which a number of electrical conductors running in the longitudinal direction of the cable are arranged, in which the electrical conductors in the flat cable thickness direction and/or in the flat cable width direction are kept at a defined distance from each other by means of a central insulation layer of predetermined thickness acting as a spacer insulator and are electrically insulated and positioned relative to each other and to the flat cable exterior by means of an outer insulation layer. The central insulation layer is then situated horizontally and/or vertically between two adjacent conductors. In the case of vertical central insulation arrangement, one central insulation layer is situated between a pair of conductors situated one above the other and an adjacent pair of conductors situated one above the other. A material selection is made for the central insulation layer and the outer insulation layer, so that the central insulation layer has greater hardness than the outer insulation layer material, and to such a degree that, when compressive force is exerted by the electrical conductors on the flat cable, increasing in the flat cable thickness direction, the outer insulation layer material is displaced rather than the central insulation layer material.

In embodiments of the invention, the central insulation layer and/or the outer insulation layers of the flat cable are formed by sheet-like insulation material. However, there is also the possibility of producing the flat cable during extrusion of the insulation layer.

Owing to the fact that the distance of the electrical conductors belonging to the different conductor planes is determined by the central insulation layer, which can be produced with very high uniformity with respect to thickness, because of the material selection according to the invention, very high uniformity can be produced for the impedance between adjacent conductors.

In addition, better flex properties are achieved with such a flat cable than with ordinary one-layer flat cables with shielding.

This has two quite critical advantages. On the one hand, during production of the flat cable, which will be taken up further below, a situation is prevented in which, during compression of the flat cable components for their joining to a flat cable, the electrical conductors are forced into the central insulation layer and, because of this, a change in its thickness occurs, which, in turn, causes a change in impedance. If compression of the flat cable components during production of the flat cable has the effect of causing the electrical conductors to displace the enclosing insulation layer material, displacement of the softer outer insulation layer material occurs and the harder central insulation layer material is protected from such displacement. If, on the other hand, during bending, twisting or flexing movements of the flat cable in use, strong bending occurs or even exertion of a pressure on the flat cable, displacement of the outer insulation layer material, but not the central insulation layer material, also occurs in this case. Even in a flat cable loaded by bending, twisting or flexing movements, the uniformity of distance between the signal conductors of the two conductor planes is therefore retained and uniformity of impedance between these conductors of the flat cable is therefore obtained.

In one embodiment of the invention, all the electrical conductors are designed as round conductors. In another embodiment, all the conductors are designed as flat conductors. In another embodiment, some of the conductors are designed as round conductors and the rest as flat conductors.

In addition, the invention creates a flat cable in which some of the conductors are designed as narrow conductors and the rest as wide flat conductors, two narrow conductors of the same conductor plane form a conductor pair and a wider flat conductor of the other conductor plane is assigned to each of these conductor pairs, in which the wide flat conductors have a width and position, so that each of them extends width-wise over the entire width of an opposite conductor pair of the other conductor plane. This type of flat cable is particularly well suited for differential signal transmission in the high frequency range.

When the flat cable according to the invention is used for differential signal transmission, two adjacent electrical conductors that belong either to different conductor planes or to the same conductor plane are used as a signal conductor pair for differential signal transmission. A ground conductor pair lies opposite each such signal conductor pair, or, which leads to even better suitability for differential signal transmission, a single common ground conductor extends width-wise over the entire width of the opposite signal conductor pair.

Since common-mode disturbances, for example, crosstalk, are filtered out during differential signal transmission with signal conductor pairs, as already mentioned, and disturbances from radiation and emission are significantly reduced, no additional cable shielding is required. Consequently, higher mechanical loadability and better bending properties are achieved with a flat cable according to the invention than the ordinary one-layer flat cables have, which have shielding layers, in addition to the signal conductors.

In one embodiment of the invention with signal conductor pairs and corresponding ground conductors, narrow conductors are situated in one of the two conductor planes and wide, flat conductors in the other conductor plane. In this case, two adjacent narrow conductors of one conductor plane form a signal conductor pair, whereas the wide, flat conductor in the other conductor plane serves as a reference or ground potential conductor for an adjacent pair of narrow signal conductors. The wide, flat conductors then have a width and relative position, so that each of the wide, flat conductors spans a corresponding pair of narrow signal conductors of the other conductor plane width-wise, but does not necessarily extend beyond them. The distance of the narrow conductors and wide, flat conductors in the thickness direction of the flat cable is also determined in this embodiment by the central insulation layer and can therefore be maintained with high uniformity. In a flat cable of this embodiment, the impedance between two narrow conductors forming a signal conductor pair is not determined primarily by their distance from each other, but by the distance that these narrow signal conductors have from the corresponding wide, flat conductor in the flat cable thickness direction. Since this distance can be maintained by means of the central insulation layer with high accuracy and uniformity, highly uniform differential impedance can be achieved in this flat cable design even between adjacent signal conductors that are situated in the same conductor plane.



In the embodiment with wide, flat conductors in one conductor plane, the signal conductors in the other conductor plane can either be designed as round conductors or as narrow, flat conductors relative to the wide, flat conductors.

In one embodiment of the invention, adjacent wide, flat conductors or groups of wide, flat conductors are situated in the flat cable width direction in alternation in one and the other conductor plane with correspondingly alternating arrangement of the corresponding narrow conductors of the one or other conductor plane.

In the method according to the invention, a roll arrangement is used, having two rotatable rolls arranged parallel to each other, each of which has a number of annular grooves spaced axially from each other on its outer periphery to guide an electrical conductor, in which the profile of the individual annular grooves is adapted to the profile of the electrical conductor that is to be guided in the corresponding annular groove. The two rolls are adjusted to a predetermined radial spacing from each other, so that a gap is formed between the two rolls with a gap thickness that is smaller than the sum of the thicknesses of the three insulation layers, so that, during passage of the individual components of the flat cable through this gap between the rolls, a sufficient pressure is exerted on these components, in order to cause their bonding to the flat cable. Because of the already mentioned material hardness selection for the insulation layers, it is ensured that the compression exerted by the two rolls on the flat cable components, in order to bond them to the flat cable, means that a displacement caused by the electrical conductors of the insulation layer material is active in the outer insulation layers and not in the central insulation layer.

In one embodiment of the method according to the invention, the insulation layers are bonded to each other by means of an adhesive applied to them beforehand with inclusion of the electrical conductors. In another embodiment of the method according to the invention, the insulation layers are heated by means of a heated roll arrangement during passage through the gap between the two rolls to an extent so that they melt and hot gluing of the adhesion layers together based

on this melting occurs. During use of a heat-activatable adhesive, heating also occurs via the rolls.

In another embodiment, the flat cable is produced by extrusion.

The invention is now further explained by means of practical examples with reference to the drawings. In the drawings:

Fig. 1 shows a first embodiment of a flat cable according to the invention;

Fig. 2 shows a second embodiment of a flat cable according to the invention;

Fig. 3 shows a third embodiment of a flat cable according to the invention;

Fig. 4 shows another enlarged cross-sectional view of a flat cable of the design depicted in Fig. 1;

Figs. 5 to 8 show cross-sectional views during some production phases in the production of the flat cable depicted in Fig. 4;

Fig. 9 shows a view to explain the effects of different degree of hardness for the different insulation materials;

Fig. 10 shows a schematized cross-sectional view of a flat cable according to the invention with a conductor structure corresponding to the flat cable according to Fig. 1 with two layers of ground conductors, which is referred to as micro cable, because of its dimensions;

Fig. 11 shows the curve of insertion loss as a function of the frequency in the micro cable according to Fig. 10;

Fig. 12 shows a schematized, cross-sectional view of a flat cable according to the invention with a conductor structure corresponding to a flat cable according to Fig. 2 with a layer of round conductors and a layer of wide, flat conductors, in which a micro cable is also involved;

Fig. 13 shows a schematized, cross-sectional view of a flat cable according to the invention with a conductor structure corresponding to the flat cable according to Fig. 3 with a layer of narrow, flat conductors and a layer of wide, flat conductors, in which a micro cable is also involved;

Fig. 14 shows the curve of insertion loss as a function of frequency in a micro cable with a common ground conductor for each signal conductor pair;

Fig. 15 shows the curve of insertion loss as a function of frequency in the micro cable according to Figs. 12 and 13; and

In the following explanation of the drawings terms, like vertical, horizontal, upper, lower, left and right are used, which refer only to the depiction in the correspondingly treated figure, for the correspondingly treated flat cable, but have no absolute meaning and no longer apply in a position different than the one depicted.

Fig. 1 shows in a cross-sectional view part of the width of a flat cable 1 according to the invention with electrical round conductors 13a, 15a, 17a and 19a, which are situated in an upper conductor plane, and electrical round conductors 13b, 15b, 17b and 19b, which are situated in a lower conductor plane. When this flat cable is used for differential signal transmission, the electrical conductors 13a, 13b form a first differential signal conductor pair, the electrical conductors 15a and 15b form a second differential signal conductor pair, etc. A practical embodiment of such a flat cable can have more or less than the four signal conductor pairs depicted in Fig. 1.

A central insulation layer 21, acting as spacer insulator, is situated between the conductors of the upper conductor plane and the conductors of the lower conductor plane, by means of which the signal conductors 13a to 19a of the upper conductor plane and the signal conductors 13b to 19b

of the lower conductor plane are kept at a uniform, defined spacing from each other. The central insulation layer 21 consists of an insulating material of appropriate dielectric constant. For example, the central insulation layer 21 consists of PTFE (polytetrafluoroethylene). ePTFE, i.e., expanded, microporous PTFE, is particularly suitable. ePTFE has a dielectric constant  $\epsilon_r$  in the range from about 1.2 to about 2.1 and is therefore particularly suitable as dielectric material of high-frequency cables.

The electrical insulation of signal conductors 13a to 19b, relative to each other and to the outside of the flat cable, occurs by means of an upper outer insulation layer 23a and by means of a lower outer insulation layer 23b. As a result of the process, by means of which the flat cable is produced, and which is further explained below, the outer insulation layers 23a and 23b are beveled around the sides of signal conductors 13a to 19b lying away from the signal insulation layer 21, as shown in Fig. 1.

In one embodiment, the two outer insulation layers 23a and 23b also consist of PTFE, preferably also ePTFE. The aforementioned hardness ratio between ePTFE and the central insulation 21 and ePTFE of the outer insulation layers 23a and 23b is maintained.

In practical embodiments of the flat cable depicted in Fig. 1 as micro flat cable, round conductors with a diameter in the range from about 0.05 mm (AWG 44) to about 0.13 mm (AWG 36) are used in each conductor plane, in which AWG stands for American Wire Gauge, and the round conductors have a center spacing about 0.2 mm to 0.3 mm (9 mil to 12 mil) from each other, the conductors forming the corresponding signal conductor pair of the upper conductor plane and the lower conductor plane have a center spacing of about 150  $\mu\text{m}$  (about 6 mil) from each other, and the central insulation layer 21 has a thickness of about 50  $\mu\text{m}$ , with a tolerance of a maximum of  $\pm 5 \mu\text{m}$ .

A practical implementation of the flat cable depicted in Fig. 1 has excellent properties with respect to bendability and flexing resistance, as well as with respect to uniformity of impedance, and has a suitability for a data transmission speed into the range beyond 2 Gbit/s, depending on the length of the flat cable.

Fig. 2 shows in a cross-sectional view a embodiment of a flat cable 111 according to the invention, in which electrical round conductors are arranged in the lower conductor plane, which form three signal conductor pairs 113a, 113b or 115a, 115b or 117a, 117b, which can be used in pairs for differential signal transmission. In the upper conductor plane, wide, flat conductors 113c, 115c and 117c are found, which are assigned to each of the signal conductor pairs of the lower conductor plane and have a width and position, so that each of the wide, flat conductors 113c, 115c and 117c spans, but does not necessarily extend beyond the corresponding signal conductor pairs 113a, 113b, or 115a, 115b or 117a, 117b. The wide, flat conductors 113c to 117c form a reference potential conductor for the corresponding conductor pairs 113a to 117b. The spacing of the corresponding two round conductors on the lower conductor plane from the corresponding wide, flat conductors on the upper conductor plane is decisive for the impedance of the corresponding signal conductor pair. This spacing, as in the case of Fig. 1, is formed by a central insulation layer 121, which keeps the round conductor and the corresponding wide, flat conductor at a defined and uniform spacing. As in Fig. 1, outer insulation layers 123a and 123b in this embodiment take over insulation between the individual conductors relative to each other and the corresponding flat cable exterior.

In this embodiment, PTFE, especially ePTFE, are also suitable as materials for the insulation layers 121, 123a and 123b, again considering the aforementioned hardness ratios between the ePTFE of the central insulation layer 121 and the ePTFE of the two outer insulation layers 123a and 123b.

In a practical implementation of a flat cable according to Fig. 2, the two round conductors belonging to a signal conductor pair, for example, 113a and 113b, have a center spacing of about 0.28 mm (about 11 mil), the wide conductors 113c, 115c, 117c each have a width of about 0.4 mm (about 16 mil) and a mutual spacing of about 0.5 mm (about 20 mil). The spacing between the round conductors 113a to 117b and the wide conductors 113c to 117c, determined by the central insulation layer 121, is then about 0.05 mm (about 2 mil).

Fig. 3 shows in a cross-sectional view a embodiment of a flat cable 211 according to the invention, which agrees with the embodiment shown in Fig. 2, with the exception that the signal conductors of the lower conductor plane, the signal conductor pairs 213a, 213b, or 215a, 215b or 217a, 217b are designed as narrow, flat conductors, the conductors of the upper conductor plane, as in the case of Fig. 2, are formed as wide, flat conductors 213c, 215c and 217c. With respect to the materials for the central insulation layer 221 and outer insulation layers 223a and 223b, the same things apply as in the embodiment according to Fig. 202. ePTFE is again particularly preferred for these insulation layers, with consideration of the already mentioned hardness ratios.

In a practical implementation of the flat cable with the structure depicted in Fig. 3, the narrow, flat conductors 213a to 217b have a width of about 0.15 mm (about 6 mil), the wide, flat conductors 213c to 217c have a width of about 0.46 mm (about 18 mil) and the spacing determined by the central insulation layer 221 between the narrow, flat conductors 213a to 217b and the wide, flat conductors 213c to 217c is about 0.06 mm (about 2.3 mil).

In the two embodiments according to Figs. 2 and 3, the flat conductors all have a thickness of about 0.03 mm (about 1 mil).

In the practical implementations of the wide, flat cable according to Figs. 2 and 3, the round conductors each have a diameter corresponding to AWG 36 and smaller, which corresponds to a round conductor diameter of about 0.127 mm nominal and smaller.

Investigations on practical implementations of the flat cable depicted in Figs. 2 and 3 have shown that these are particularly suitable for high-speed data transmission into the range above 2.5 Gbit/s. These cables are also characterized by high flexibility and flexing resistance and by high uniform impedance.

In a practical implementation of the flat cable depicted in Fig. 1 as a micro flat cable with  $2 \times 16$  round conductors, i.e., 16 round conductors per conductor plane, its two external round conductors of the same conductor plane have a center spacing of 4.6 mm, with a center spacing

between adjacent conductors in the range from about 0.2 mm (9 mil) to 0.3 mm (12 mil). In the practical embodiments, 4 to 32 conductors are used per conductor plane.

The number of conductors in the embodiments depicted in Figs. 2 and 3 can also be chosen variably, corresponding to the requirements.

In all depicted embodiments, materials commonly used for high-frequency cable are suitable, like silver-plated copper (SPC), pure copper, galvanized copper, high-strength copper alloys, with or without surface refinement, gold and silver.

In addition to PTFE and ePTFE, polyethylene and polyester and their foamed embodiments are also suitable as insulation materials for the insulation layer.

The structure of a flat cable of the type depicted in Fig. 1 is shown again in Fig. 4 in an enlarged view. A method for the production of such flat cable is now explained with reference to Figs. 5 to 8, in which different production phases are shown, each in a cross-sectional depiction.

In the production phase depicted in Fig. 5, three round conductors 13a, 13b, 15a, 15b, 17a and 17b are arranged, purely as an example, on both sides of the central insulation layer 21. Since the round conductors 13a to 17b are kept at a spacing from the central insulation layer 21, the term spacer insulator is also used in conjunction with these figures for the central insulation layer 21. The round conductors 13a to 17b, which are very thin, fine wires in the case of a micro flat cable, are positioned precisely by means of a tool opposite each other on the spacer insulator 21.

The spacer insulator 21, together with the wire diameter of the round conductors 13a to 17b, determines the transmission properties of a flat cable.

Fig. 6 shows the production phase, in which an outer insulation layer 23a, 23b has been positioned on the top and bottom of round conductors 13a to 17b. The outer insulation layers 23a, 23b are also referred to as outer insulation material in Figs. 6 and 7.

In the production phase depicted in Fig. 7, rotating extrusion punches 25a and 25b are used from the two outsides of the two outer insulation layers 23a and 23b. As shown schematically, these are shaped, so that they have die regions in the intermediate spaces between each pair of adjacent round conductors and next to the outer round conductors 13a, 13b and 17a, 17b, in order to form the outer insulation material 23a, 23b around the individual round conductors 13a to 17b in the manner depicted in Fig. 8, and to press the round conductors 13a to 17b onto the spacer insulator 21. The extrusion punches 25a, 25b then compress the outer insulation material between round conductors 13a to 17b. The insulation materials are then glued to each other, for which purpose either an adhesive can be used, or gluing by melt heating of the insulation material during the compression process, in which the heat of melting can be supplied by heating the extrusion punches 25a and 25b.

In one embodiment, the rotating extrusion punches form a part of a roll arrangement with two rolls, mounted to rotate, arranged parallel to each other, each of which has on its outer periphery a number of annular grooves spaced axially from each other to guide an electrical conductor. The two rolls are set at a radial spacing from each other, so that a gap is formed between them, with a gap thickness that is less than the sum of the thicknesses of the three participating insulation layers by a predetermined amount. The flat cable components forming the flat cable, namely, the electrical conductors, the spacer insulator and the two outer insulation materials, are supplied to the gap from one side, pressed together in the gap and glued and leave the roll arrangement on the other side of the gap as flat cable.

In principle, an arrangement, as shown in EP 1 271 563 A1 and EP 0 903 757 B1, is suitable as a roll arrangement, after adaptation to the requirements for the production of the flat cable according to the invention. In the case according to the invention, the feed side of the roll arrangement, viewed from the top down, is supplied the upper outer insulation layer 23a, the upper conductors 13a, 15a and 17a, the central insulation layer 21, the lower conductors 13b, 15b and 17 and the lower outer insulation layer 23b, in which, here again, the roll annular grooves depicted in the mentioned documents ensure correct positioning of conductors 13a-17b.



As already mentioned, a material selection is made for the central insulation layer 21 and the outer insulation layers 23a and 23b, so that the central insulation material or the spacer insulator has a higher hardness than the outer insulation material in such a way, that at the pressure exerted during the compression process by the electrical conductors, essentially only the outer insulation material, but not the central insulation material, is displaced, and the thickness of the central insulation layer is therefore maintained essentially unchanged.

This is explained further with reference to Fig. 9. During the compression process exerted by means of extrusion punches 25a, 25b, elongation of the outer insulation 23a, 23b occurs by wrapping of the corresponding round conductor 13a to 17b during shaping. During this compression process, which is indicated by white arrows, the outer insulation material must be elongated. The resistance to elongation of the outer insulation material, indicated by round arrows 31a and 31b, must be smaller than the mechanical resistance force of the spacer insulator 21 against its residual deformation, indicated in Fig. 9 with a straight double arrow 33. This is achieved in that insulation materials with lower resistance force to transverse elongation are processed for the outer insulation, but materials with higher hardness are used for the spacer insulator 21.

Special aspects of the flat cable, according to the invention, with particularly good suitability for differential signal transmission in the range of very high frequencies lying in the GHz range, are considered with reference to Figs. 10 to 16. An insertion loss that has the most uniform possible curve, as a function of frequency, i.e., an attenuation curve with the lowest possible attenuation disturbances or dips, at whose frequencies a significant attenuation increase occurs, is sought for differential signal transmissions in the GHz range.

These flat cables, with respect to conductor dimensions and conductor spacings, have very limited dimensions and are therefore referred to as micro cables. Examples of such dimensions are shown in Figs. 10, 12 and 13, in which 1 mil is 1/1000 inch and corresponds to 0.0254 mm. The dimension mil is particularly common in conjunction with conductor dimensions of cables.

Fig. 10 shows a micro flat cable according to the invention in a schematized cross-sectional view with a conductor structure according to the flat cable depicted in Fig. 1, i.e., a flat cable with two layers of round conductors, lying one above the other. In the case of differential signal transmission, two adjacent conductors of a layer each form a signal conductor pair, and the two opposite conductors of the other layer a corresponding reference potential or ground conductor pair. This micro flat cable has fairly distinct and relatively deep dips in the insertion loss curve depicted in Fig. 11.

Figs. 12 and 13 show schematized cross-sectional views of the micro flat cables according to the invention with a conductor structure with a layer of narrow conductors, in which round conductors are involved in the case of Fig. 12 and flat conductors in the case of Fig. 13, and a layer of wide, flat conductors, each of which have a width and relative position, so that they span an adjacent signal conductor pair of the other layer over its entire width. In the case of differential signal transmission, two adjacent narrow conductors of a layer then form a signal conductor pair and the opposite wide conductors of the other layer form a corresponding reference potential or ground conductor. Such micro flat cable has an insertion loss curve depicted in Fig. 14, which is essentially smooth in comparison to the insertion loss curve in Fig. 11 of the cable structure according to Fig. 10.

Insertion loss curves, as a function of frequency for the two different micro cables structures according to Figs. 12 and 13, are shown separately in Fig. 15. The insertion loss curve is shown in the lower curve for the micro flat cable with round signal conductors depicted in Fig. 12 and the insertion loss curve is shown in the upper curve for the micro flat cable with flat signal conductors depicted in Fig. 13.

In the micro flat cable with the structure according to Figs. 1 and 10, in which the two signal conductors of a signal conductor pair lie opposite a ground conductor and are connected to it, the coupling inductances and coupling capacitances between the two ground conductors of each ground conductor pair have an interfering effect in the high-frequency range. The results of this are the dips in the insertion loss curve, observable in Fig. 11. In a micro flat cable with a common ground conductor for each signal conductor pair, such coupling inductances and

coupling capacitances become zero. As a result of this, a virtually smooth insertion loss curve is obtained, as can be seen in Figs. 14 and 15.

The result of this finding, which occurred in conjunction with the invention, is that, if differential signal transmission in the high-frequency range is involved, for example, of 2.5 GHz, a micro flat cable with a common ground conductor for the corresponding signal conductor pair should preferably be used.

The teachings of the present invention are therefore that, if the most uniform possible curve of surge impedance matters over the cable length, flat cables should be used in which a material selection is made according to Claim 1 for the central insulation layer and the outer insulation layers, so that the central insulation material has a greater hardness than the outer insulation layer materials, so that, when an increasing compression force, acting in the flat cable thickness direction, is exerted on the flat cable by the electrical conductors, the outer insulation layer material is essentially displaced rather than the central insulation layer material.

Another teaching of the invention is that, in the case of differential signal transmission in the high-frequency range, a flat cable should be used, which has a common reference potential or ground conductor per signal conductor pair, which extends over the entire width of the two signal conductors of the corresponding signal conductor pair.

Particularly good signal transmission properties are obtained, if these two teachings of the invention are combined.

## Claims

1. A flat cable, having at least two conductor planes, each with a number of electrical conductors (13a to 19b; 113a to 117c; 213a to 217c), running in the cable longitudinal direction, which are kept at a space at a defined spacing from each other in the flat cable thickness direction and/or flat cable width direction by means of a central insulation layer (21; 121; 221) and are electrically insulated and positioned, relative to the corresponding flat cable exterior, by means of an outer insulation layer (23a, 23b; 123a; 123b; 223a, 223b), in which a material selection is made for the central insulation layer (21; 121; 221) and the outer insulation layers (23a, 23b; 123a; 123b; 223a, 223b), so that the central insulation layer material has a greater hardness than the outer insulation layer materials, so that when an increasing compression force, acting in the flat cable thickness direction, is exerted on the flat cable by the electrical conductor (13a to 19b; 113a to 117c; 213a to 217c), the outer insulation material is essentially displaced rather than the central insulation layer material.
2. The flat cable according to Claim 1, in which at least some of the electrical conductors (13a to 19b; 113a, 113, 115a, 115b, 117a, 117) are formed by round conductors.
3. The flat cable according to Claim 1 or 2, in which some of the electrical conductors are formed by flat conductors (113c, 115c, 117c; 213a to 217c).
4. The flat cable according to Claim 1 or 2, in which some of the flat conductors are formed as narrow conductors (113a, 113b, 115a, 115b, 117a, 117b; 213a, 213b, 215a, 215b, 217a, 217b) and the remainder as wide, flat conductors (113c, 115c, 117c; 213c, 215c, 217).
5. The flat cable according to Claim 4, in which the narrow conductors for conductor pairs (113a and 113b, 115a and 115b, 117a and 117b; 213a and 213b, 215a and 215b, 217a and 217b) with two adjacent narrow conductors.

6. A flat cable, having at least two conductor planes, each with a number of electrical conductors (113a to 117c; 213a to 217c) running in the cable longitudinal direction, which are held at a predetermined spacing from each other in the flat cable thickness direction and/or flat cable width direction by means of a central insulation layer (121; 221) and are electrically insulated and positioned, relative to the corresponding flat cable exterior, by means of an outer insulation layer, in which some of the conductors are designed as narrow conductors (113a, 113b, 115a, 115b, 117a, 117b; 213a, 213b, 215a, 215c, 217a, 217b) and the rest as wide flat conductors (113c, 115c, 117c; 213c, 215c, 217c), two narrow conductors (113a, 113b, 115a, 115b, 117a, 117b; 213a, 213b, 215a, 215b, 217a, 217b) of the same conductor plane form a conductor pair (113a and 113b, 115a and 115b, 117a and 117b; 213a and 213b, 215a and 215b, 217a and 217b) and a wide flat conductor (113c, 115c, 117c; 213c, 215c, 217c) of the other conductor plane is assigned to each of these conductor pairs (113a and 113b, 115a and 115b, 117a and 117b; 213a and 213b, 215a and 215b, 217a and 217b), in which the wide, flat conductors (113c, 115c, 117c; 213c, 215c, 217c) each have a width and position, so that each of them extends width-wise over the entire width of an opposite conductor pair (113a and 113b, 115a and 115b, 117a and 117b; 213a and 213b, 215a and 215b, 217a and 217b) of the other conductor plane.
7. The flat cable according to Claim 6, in which the wide flat conductors (113c, 115c, 117c; 213c, 215c, 217c) in the one conductor plane and the narrow conductors (113a, 113b, 115a, 115b, 117a, 117b; 213a, 213b, 215a, 215b, 217a, 217b) are arranged in the other conductor plane.
8. The flat cable according to Claim 6 or 7, in which at least some of the narrow conductors (113a, 113b, 115a, 115b, 117a, 117b) are formed by round conductors.
9. The flat cable according to one of the Claims 6 to 8, in which at least some of the narrow conductors (213a, 213b, 215a, 215b, 217a, 217b) are formed by flat conductors).

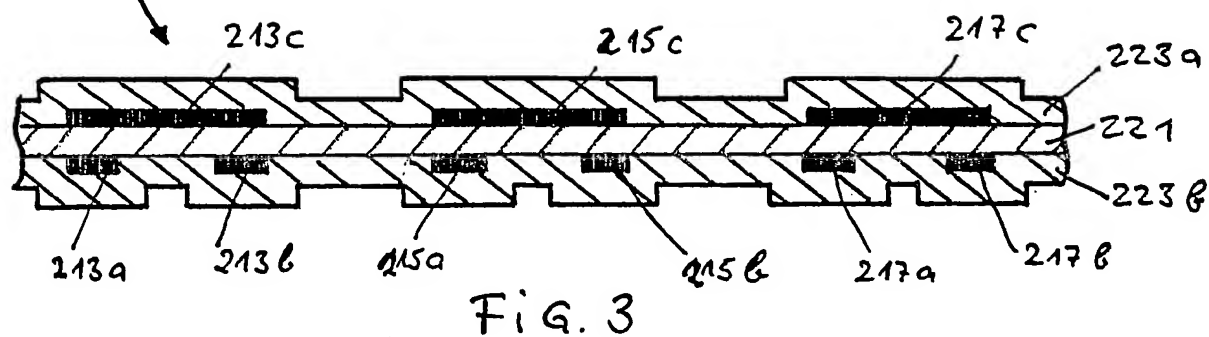
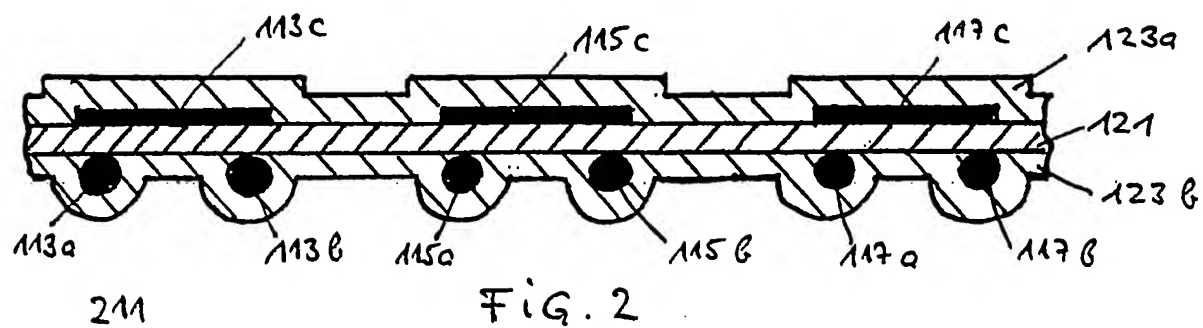
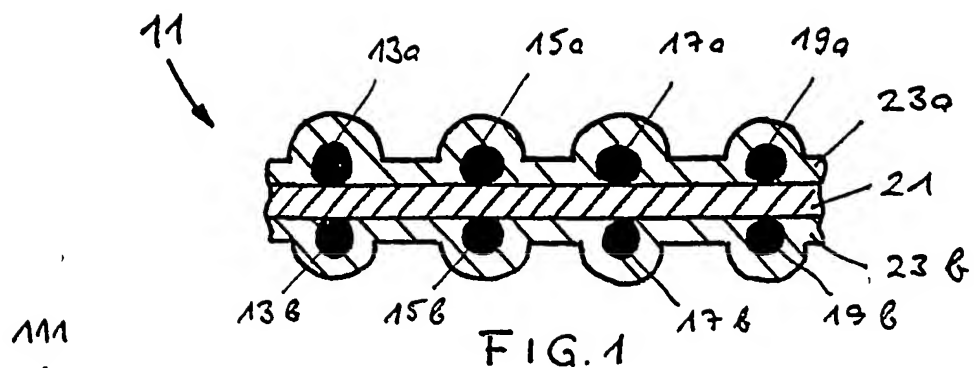
10. The flat cable with the features according to one of the Claims 1 to 5 and the features according to one of the Claims 6 to 9.
11. The flat cable according to Claims 1 to 10, whose central insulation layer (21; 121; 221) and/or outer insulation layers (23a, 23b; 123a; 123b; 223a, 223b) are made with PTFE.
12. The flat cable according to Claim 11, whose central insulation layer (21; 121; 221) and/or outer insulation layers (23a, 23b; 123a; 123b; 223a, 223b) are made with ePTFE.
13. The flat cable according to one of the Claims 4 to 12, in which wide, flat conductors (113c, 115c, 117c; 213c, 215c, 217c), adjacent in the flat cable width direction, or adjacent groups of flat conductors are arranged in alternation in one and the other conductor plane with corresponding alternating arrangement of the corresponding narrow conductors (113a, 113b, 115a, 115b, 117a, 117b; 213a, 213b, 215a, 215b, 217a, 217b) in the one or other conductor plane.
14. Use of the flat cable (11; 11; 211) according to one of the Claims 1 to 13 for differential data transmission, in which, by each adjacent electrical conductor (13a to 19b; 113a, 113b, 115a, 115b, 117a, 117b; 213a, 213b, 215a, 215b, 217a, 217b) forming a signal conductor pair (for example, 13a, 13b; 113a, 113b; 213a, 213b), a data pulse is transmitted in non-negated signal form and the others transmit the data pulses in negated signal form.
15. Use according to Claim 14, in which at least some of the signal conductor pairs (for example, 13a, 13b) are formed by adjacent electrical conductors belonging to different conductor planes.
16. Use according to Claim 14 or 15, in which at least some of the signal conductor pairs (for example, 113a, 113b; 213a, 213b) are formed by two adjacent electrical conductors belonging to the same conductor plane.

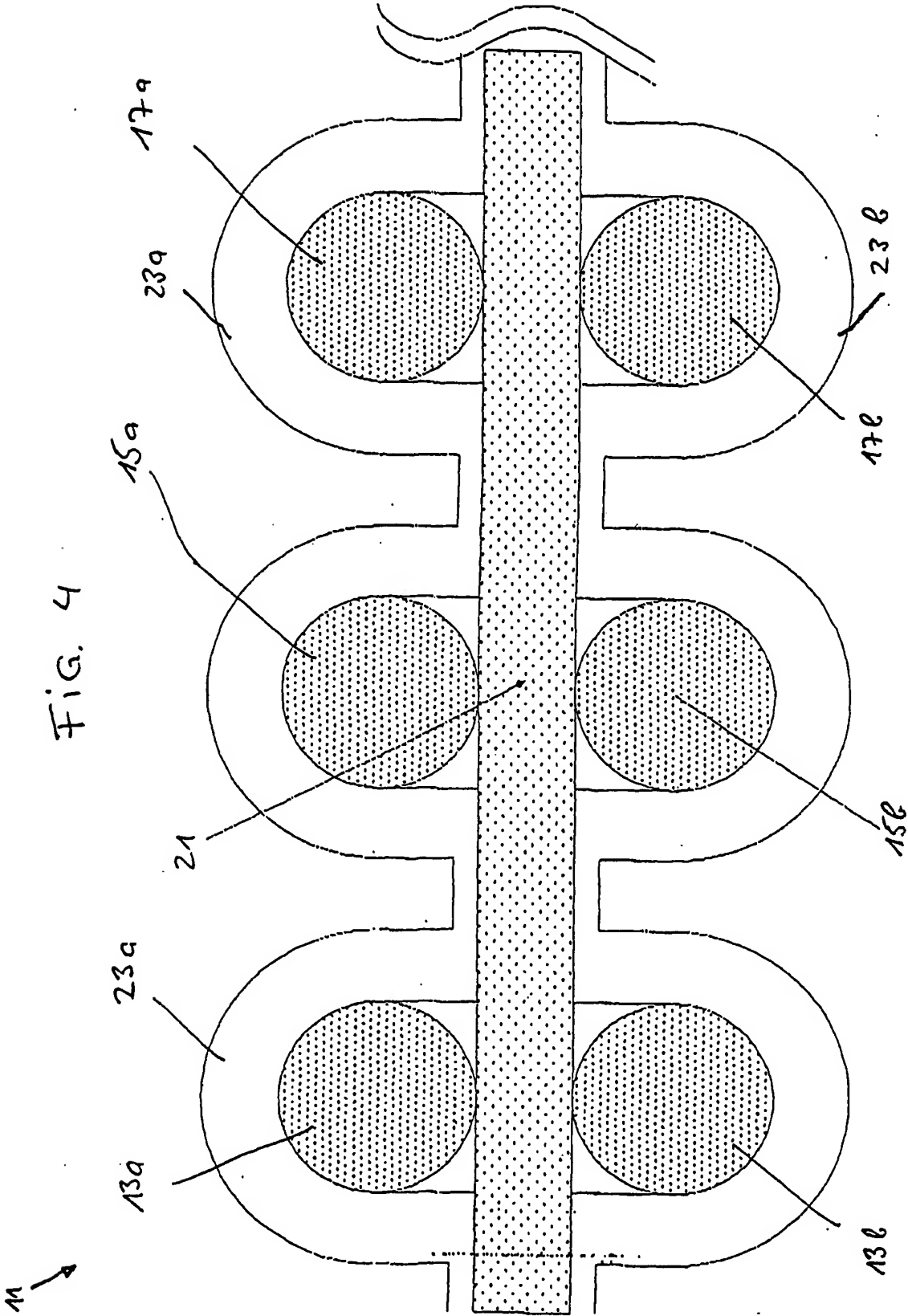
17. Use of the flat cable according to one of the Claims 6 to 13 for differential data transmission, in which, by two adjacent narrow conductors of one conductor plane forming a signal conductor pair (for example, 113a, 113b; 213a, 213b), a data pulse is transmitted in non-negated signal form and the others transmit the data pulses in negated form, and the wide, flat conductor (for example, 113c; 213c) of the other conductor plane spanning the corresponding signal conductor pair (for example, 113a, 113b; 213a, 213b) is used as reference potential conductor for the corresponding signal conductor pair (for example, 113a, 113b; 213a, 213b).
18. A method for the production of a flat cable with two conductor planes, each with a number of electrical conductors running in the longitudinal direction of the cable, which are kept at a defined spacing from each other in the flat cable thickness direction by means of the central insulation layer and are electrically insulated and positioned, relative to the corresponding flat cable exterior, by means of an outer insulation layer, with the following production steps:
  - (a) a roll arrangement is prepared with two rotatable rolls arranged parallel to each other, each of which has a number of annular grooves spaced axially from each other on its outer periphery to guide an electrical conductor;
  - (b) the two rolls are set at a radial spacing from each other, so that a gap is formed between them with a gap thickness that is less than the sum of the thicknesses of the central insulation layer and the two outer insulation layers by a predetermined amount;
  - (c) on an input side of the gap, supply means for feeding flat cable components in the form of electrical conductors, strip-like outer insulation layers and strip-like central insulation layer to the roll arrangement are positioned, that, viewed in the gap thickness direction, one outer insulation layer, the electrical conductor of one conductor plane, the central insulation layer, the electrical conductor of the other conductor plane and finally the other outer insulation layer enter the gap, one above the other, in sequence;
  - (d) by means of rolls, a predetermined pressure is exerted on the flat cable components guided in the gaps, so that the flat cable components are bonded together to a flat cable;
  - (e) for the central insulation layer and the outer insulation layers, a material choice is made, so that the central insulation layer material has a greater hardness than the outer

insulation layer material, so that at the predetermined pressure, essentially only the outer insulation layer material is displaced by the electrical conductors, but not the central insulation, and therefore the thickness of the central insulation layer is maintained essentially unchanged.

19. The method according to Claim 18, in which the insulation layers are glued together during passage through the gap.
20. The method according to Claim 19, in which gluing is produced by adhesive applied to the insulation layers.
21. The method according to Claim 19, in which at least one of the rolls is heated and gluing is produced by melting of the insulation layers during contact with the rolls.







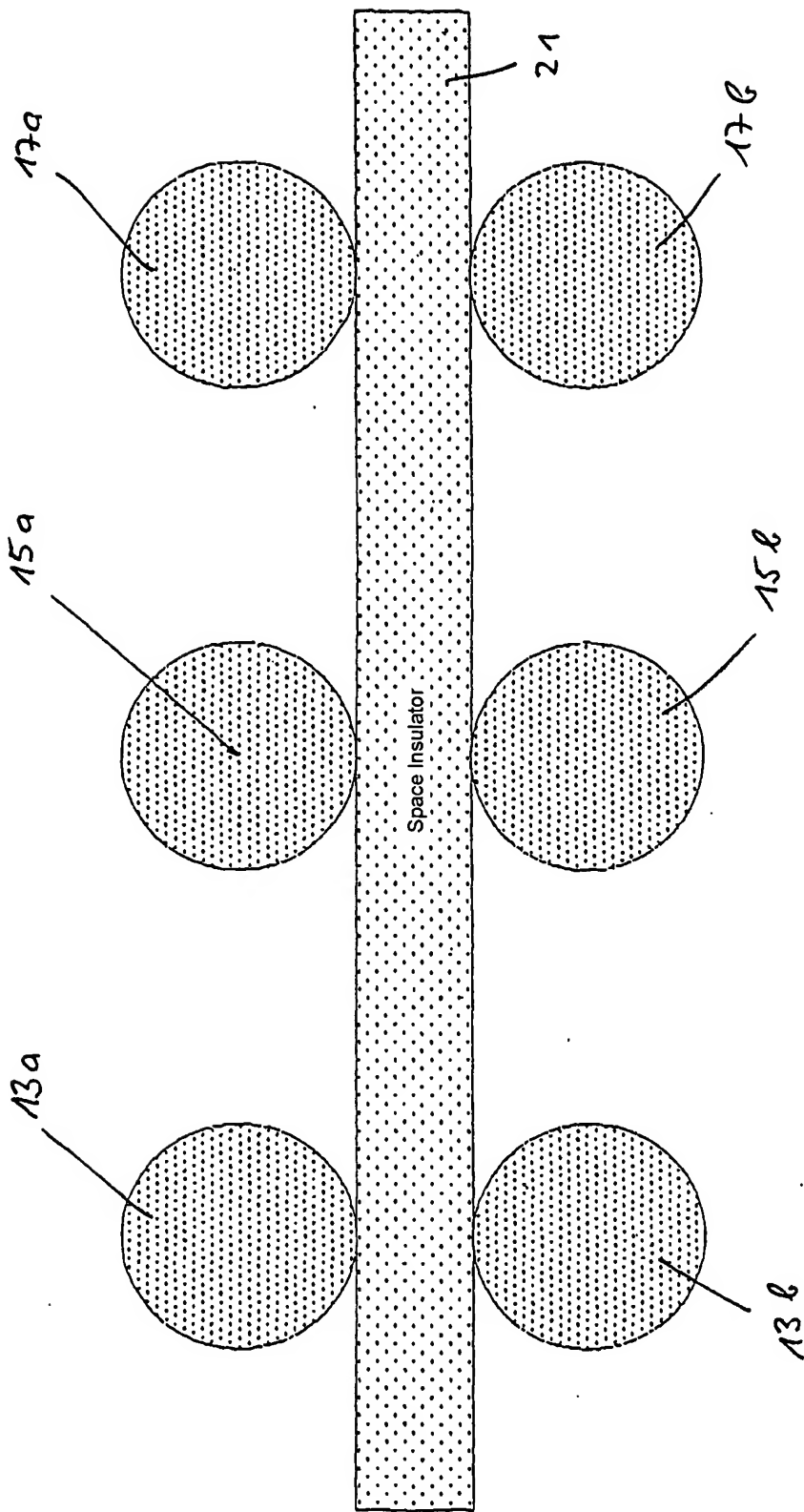


Fig. 5

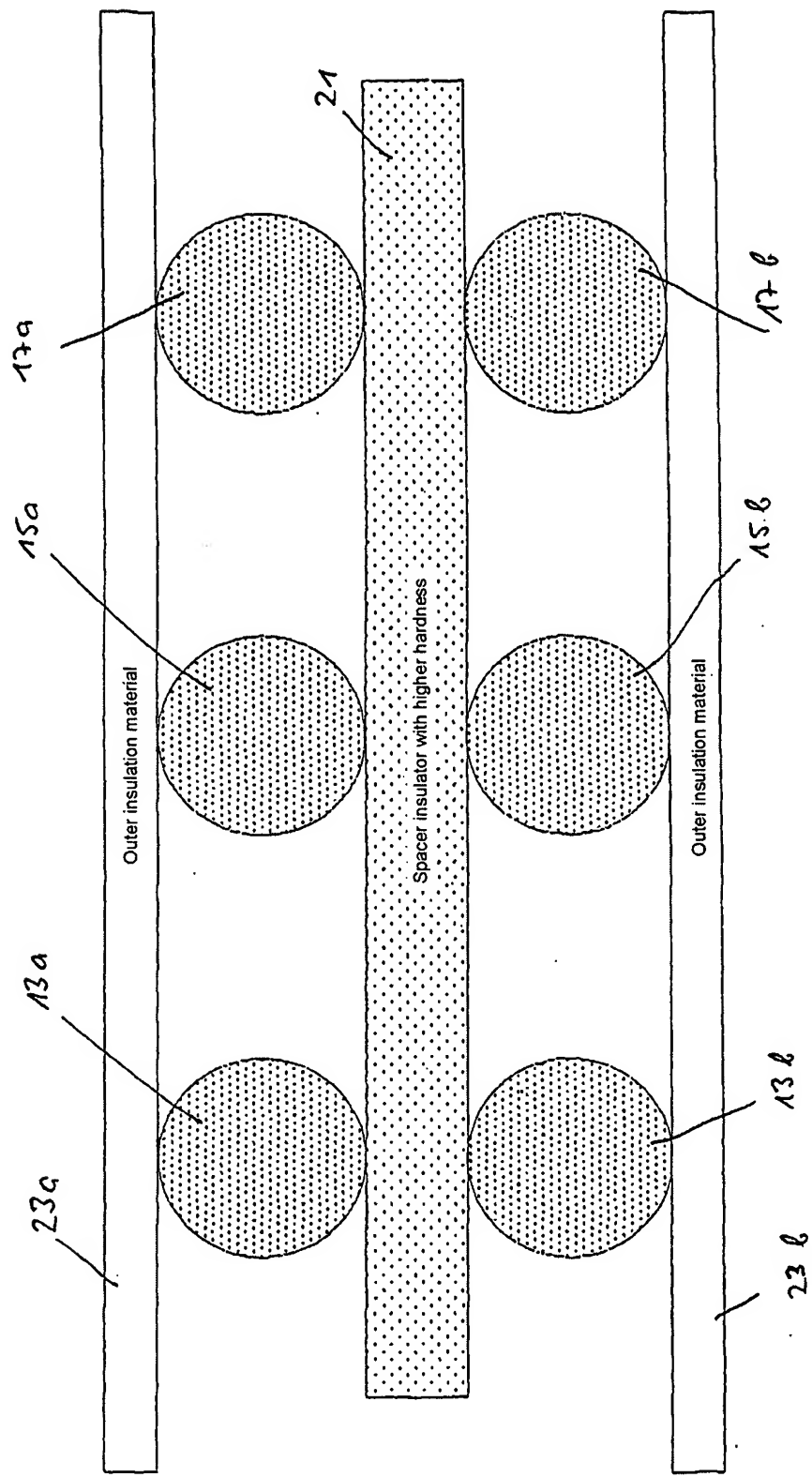


Fig. 6

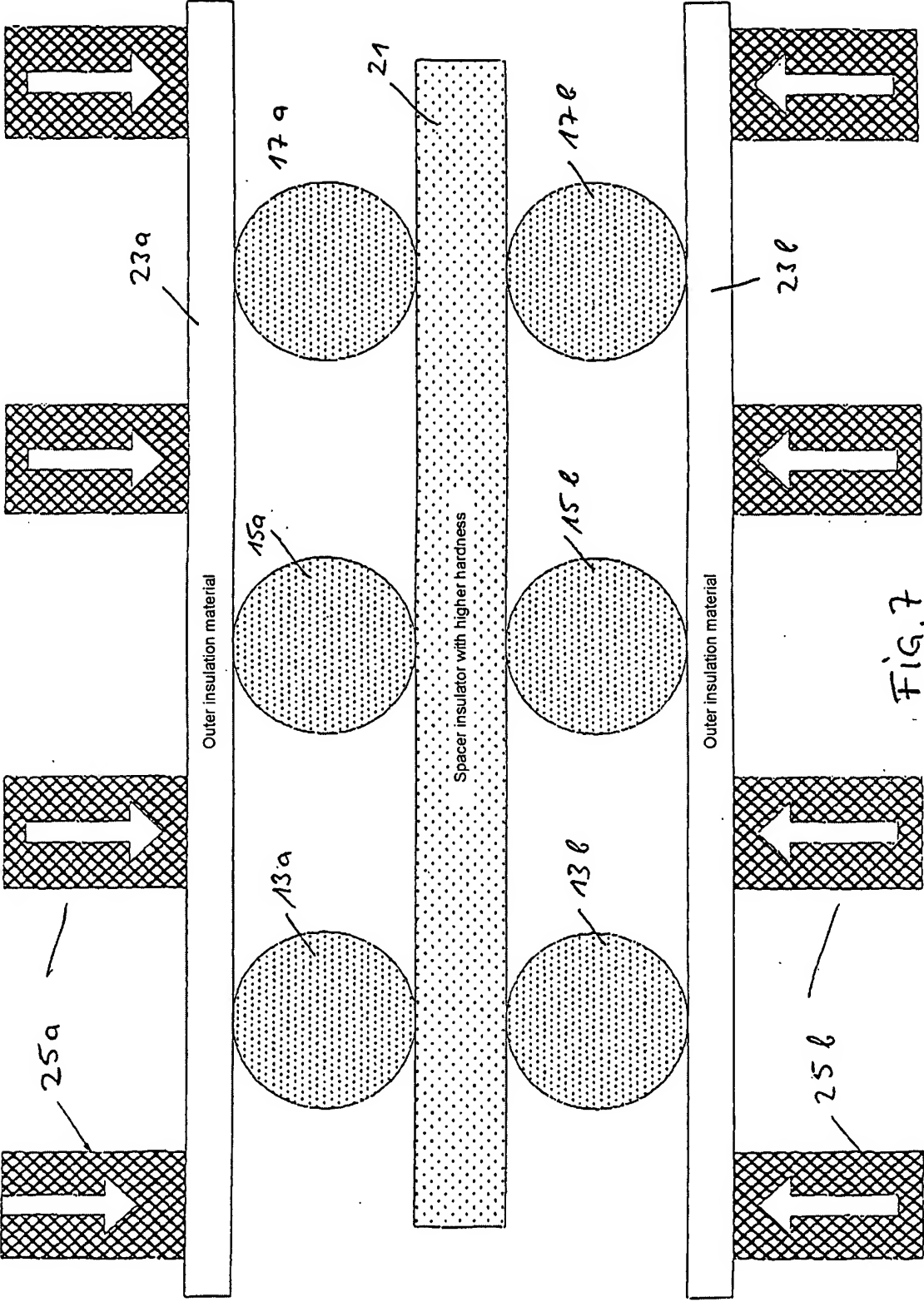


FIG. 7

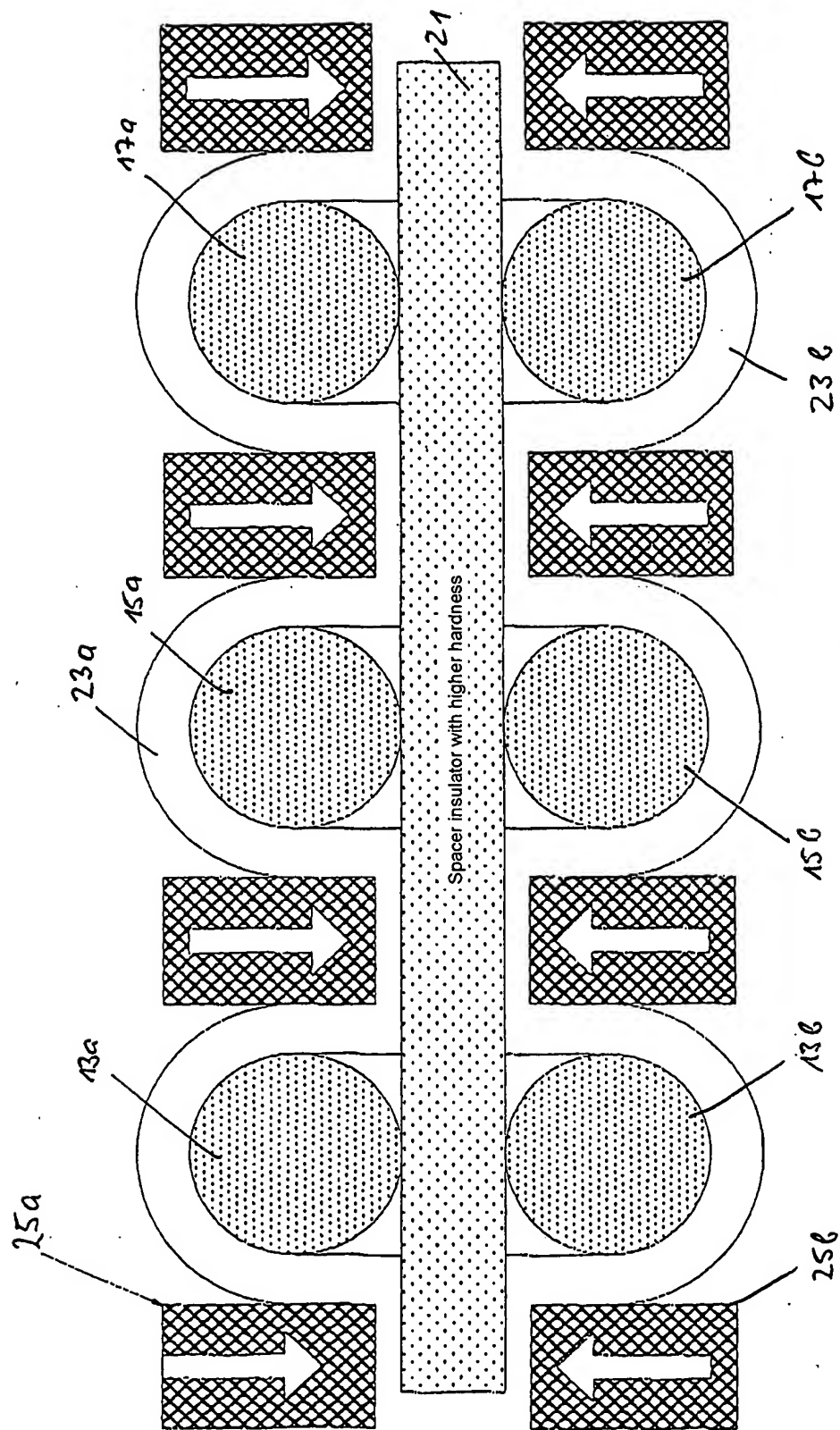


Fig. 8

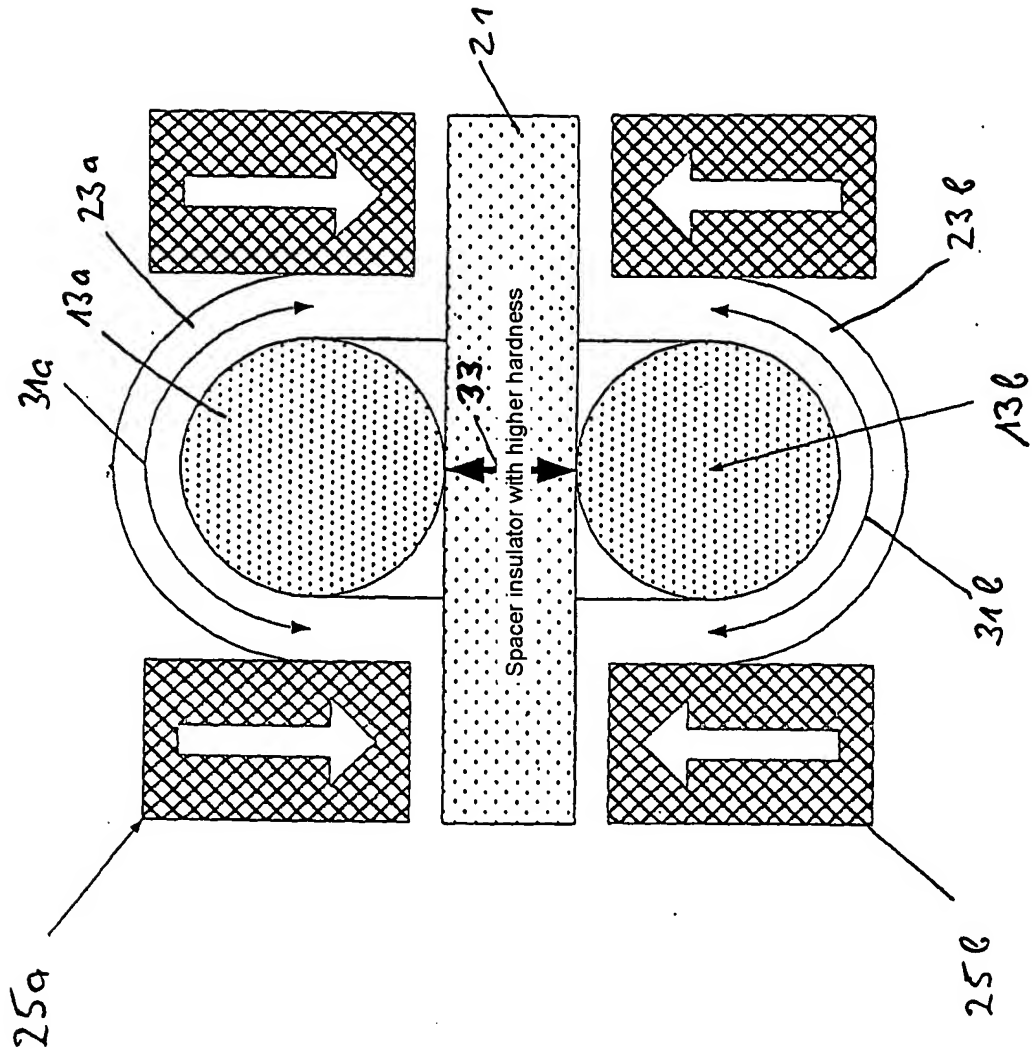


Fig. 9

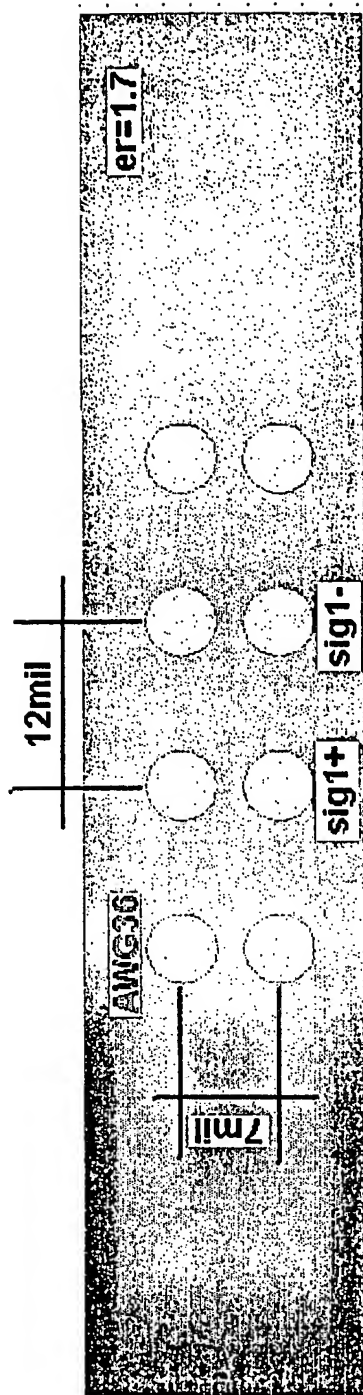


FIG. 10



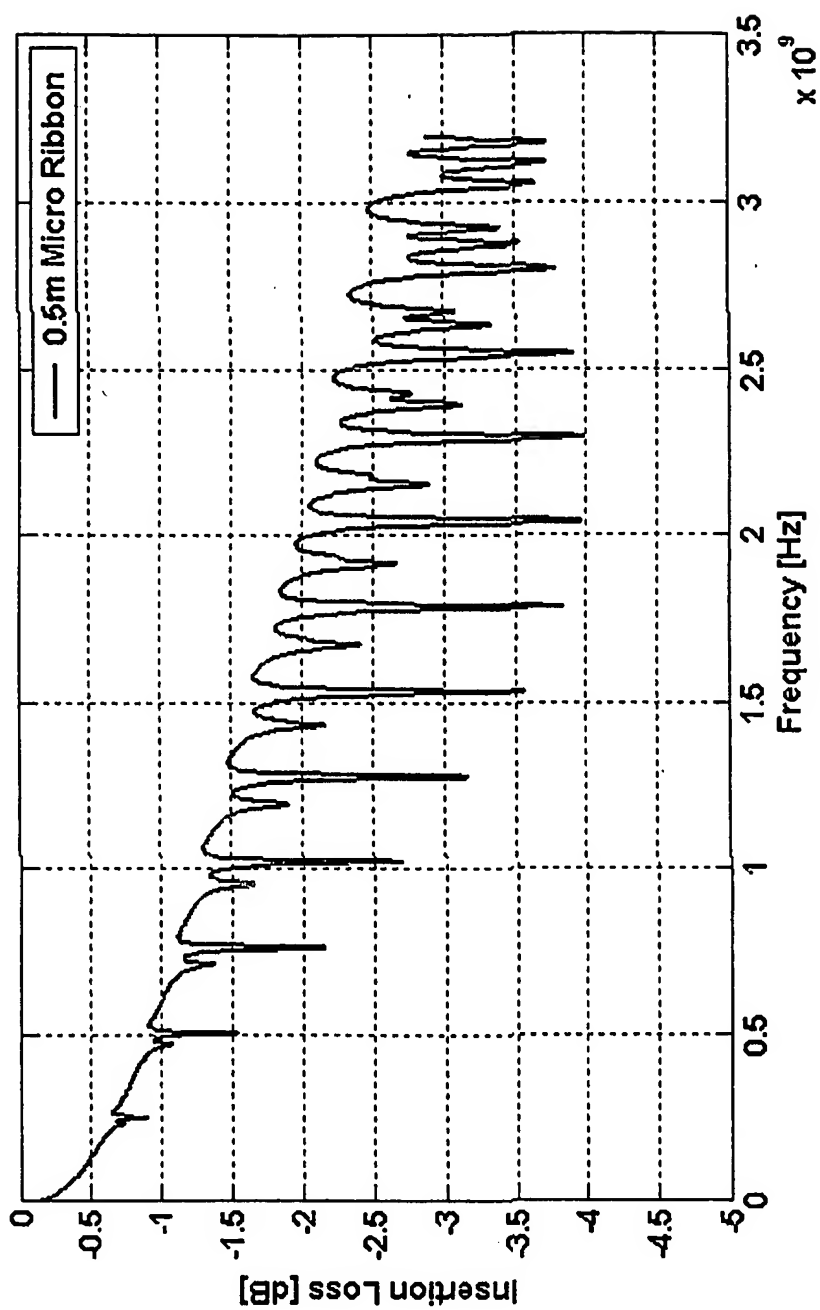


Fig. 11

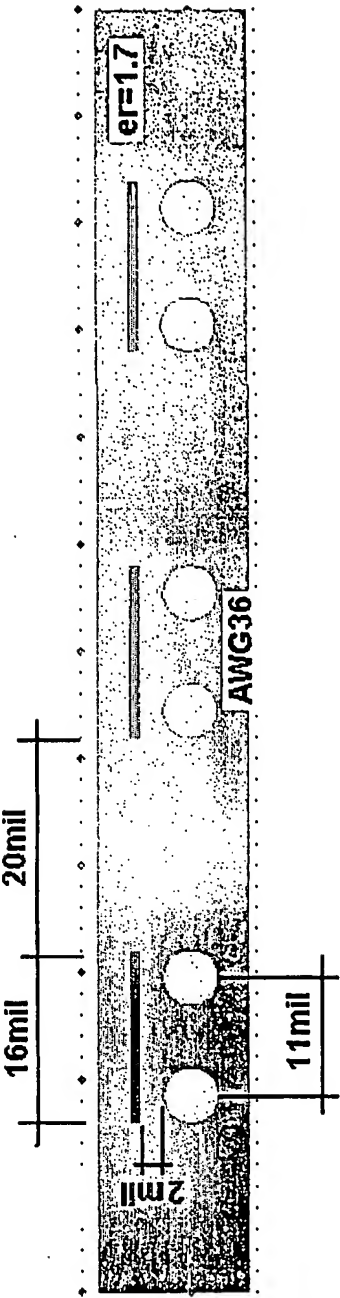


FIG. 12

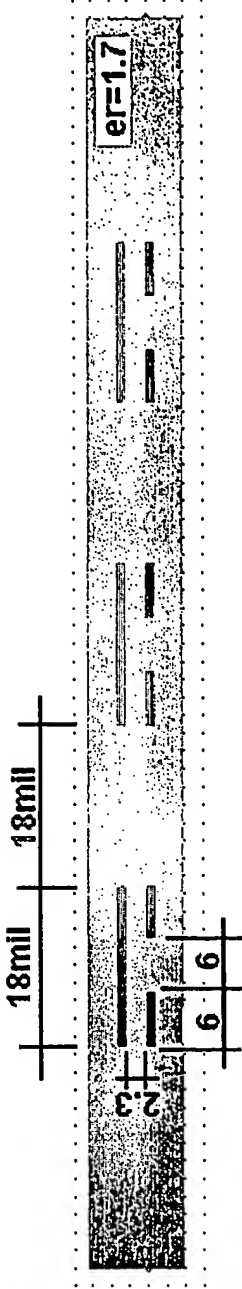


FIG. 13

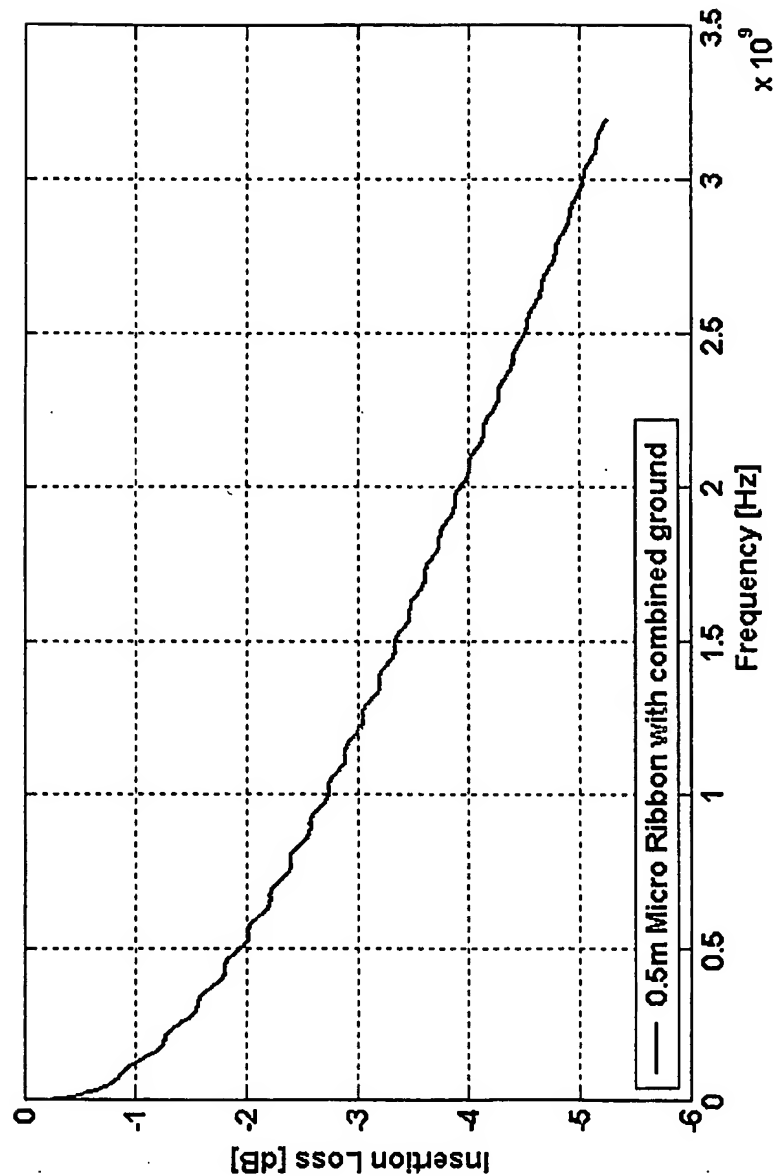


FIG. 14

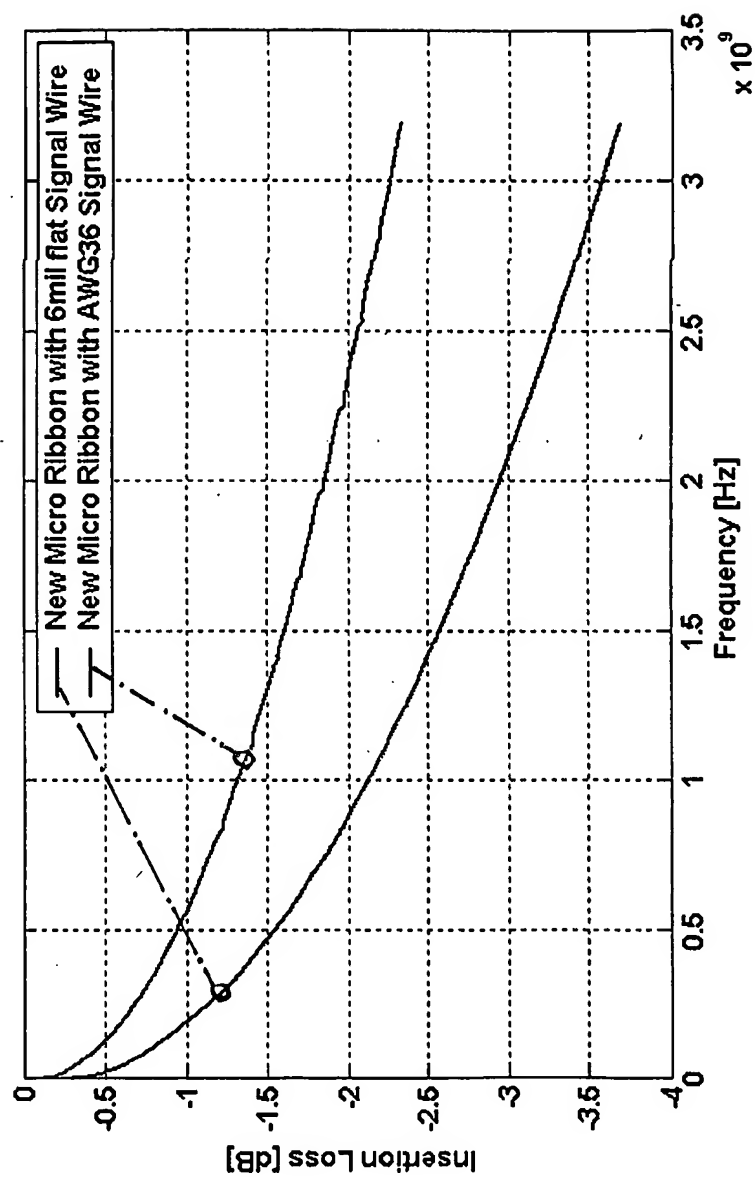


FIG. 15

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.  
T01/EP2004/007589

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H01B7/08

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4 382 236 A (SUZUKI HIROSUKE) 3 May 1983 (1983-05-03) column 3, line 14 - line 55; figure 1	1,18
X	US 4 707 671 A (SUZUKI HIROSUKE ET AL) 17 November 1987 (1987-11-17) column 4, line 21 - line 44; figure 1	6-9
A	US 5 235 132 A (AINSWORTH JAMES C ET AL) 10 August 1993 (1993-08-10) abstract	1,18

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
- \*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 November 2004

Date of mailing of the international search report

25/11/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.O. Box 5918 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl  
Fax (+31-70) 340-3010

Authorized officer

Salm, R

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

101/EP2004/007589

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4382236	A	03-05-1983	JP 1467786 C	30-11-1988
			JP 56158502 A	07-12-1981
			JP 63013563 B	26-03-1988
			AT 14954 T	15-08-1985
			AU 536341 B2	03-05-1984
			AU 6963081 A	19-11-1981
			CA 1172321 A1	07-08-1984
			DE 3171791 D1	19-09-1985
			EP 0040067 A1	18-11-1981
			GB 2075744 A , B	18-11-1981
US 4707671	A	17-11-1987	JP 2078216 C	09-08-1996
			JP 7075123 B	09-08-1995
			JP 61277111 A	08-12-1986
			JP 61277112 A	08-12-1986
			EP 0204446 A2	10-12-1986
US 5235132	A	10-08-1993	WO 9315511 A1	05-08-1993

IAP20 Rec'd PCT/TO 10 JAN 2006

### Bandkabel

- 5 Die Erfindung betrifft ein Bandkabel, dessen Verwendung und ein Verfahren zu dessen Herstellung.

Für bestimmte Anwendungen werden Bandkabel benötigt, die nicht nur möglichst kleine Abmessungen und hohe Dauerflexibilität aufweisen, sondern auch  
10 die Übertragung sehr hoher Datenraten mit minimalen Laufzeitunterschieden, beispielsweise im Bereich von 2,5 Gbit/s, ermöglichen. Solche Anwendungen sind beispielsweise Mobiltelefone, PDAs (Personal Digital Assistant) oder Palm-tops genannte Kleincomputer und Laptops, die relativ zueinander klappbare und/oder drehbare Teile aufweisen, zwischen denen eine hochschnelle Daten-  
15 übertragung benötigt wird. Aufgrund der kleinen Abmessungen, insbesondere im Fall von Mobiltelefonen und PDAs, sollen solche Datenverbindungen über Bandkabel mit möglichst geringen Abmessungen, auch Mikrobandkabel genannt, bewirkt werden.

- 20 Eine besonders zuverlässige Datenübertragung erhält man mit der sogenannten differenziellen Signalübertragung, bei welcher die zu übertragenden Datenimpulse über zwei Signalleiter übertragen werden, über einen der beiden Signalleiter in nicht-negierter Form und über den anderen Signalleiter in negierter Form. Ein bestimmtes Datenbit wird somit auf dem einen der beiden Signallei-  
25 ter mit hohem Potential und gleichzeitig auf dem anderen der beiden Signalleiter mit niedrigem Potential übertragen, wobei es während Anstiegsflanken auf einem der beiden Signalleiter zu abfallenden Flanken auf dem anderen der beiden Signalleiter kommt und umgekehrt. Diese differenzielle Signalübertragung mit gegenläufiger Impulsform über die beiden Signalleiter ermöglicht eine be-  
30 sonders zuverlässige Datenübertragung. Durch die differenzielle Signalübertragung werden Gleichtaktstörungen, z.B. Übersprechen, herausgefiltert und Störungen durch Ein- und Abstrahlung deutlich reduziert.

35 Für eine hochschnelle Datenübertragung ist ein Kabel erforderlich, das eine  
sehr hohe Gleichmäßigkeit hinsichtlich seiner Impedanz bzw. seines Wellenwi-  
derstandes aufweist. Bei einem Bandkabel bedeutet das, dass durch ein Diele-  
lektrikum voneinander getrennte, einander benachbarte elektrische Leiter, die  
ein Signalleiterpaar bilden, einen Abstand voneinander haben müssen, der  
nicht nur sehr gut definiert sein muss sondern auch eine hochgradige Gleich-  
40 mäßigkeit aufweisen muss. Diese Gleichmäßigkeit muss nicht nur über die ge-  
samte Kabellänge sichergestellt werden sondern auch während des Betriebes  
des Kabel, während welchem Biege-, Torsions- und/oder Flexbewegungen des  
Kabels nicht zu einer Veränderung der Impedanz führen dürfen.

45 Im Rahmen der vorliegenden Offenbarung ist unter dem Begriff benachbart  
Nachbarschaft in Bandkabelnrichtung und/oder in Bandkabelbreitenrich-  
tung zu verstehen.

Elektrische Parameter, wie man sie für elektrische Kabel benötigt, die für hoch-  
50 schnelle Datenübertragung geeignet sein sollen, werden abgesehen von dem  
Material des die beiden Signalleiter trennenden Dielektrikums ganz wesentlich  
durch den Abstand zwischen den beiden Signalleitern bestimmt. Dies gilt ganz  
besonders auch für die Impedanz bzw. den Wellenwiderstand. Herkömmliche  
Bandkabel sind einlagig, d.h., alle ihre elektrischen Leiter befinden sich in der-  
55 selben Ebene. Herkömmliche Beispiele hierfür zeigen die EP 1 271 563 A1, die  
EP 0 961 298 B1 und die EP 0 903 757 B1. Bei allen diesen bekannten Bandka-  
beln sind die elektrischen Leiter zwischen zwei der Breite des Bandkabels ent-  
sprechende Isolierbänder gebettet, wobei im Fall der EP 0 903 757 B1 zusätzlich  
eine Abschirmung vorgesehen ist, gebildet durch zwei elektrisch leitende  
60 Schichten, welche die Außenseiten der beiden Isolierbänder umgeben. Diese  
Kabel eignen sich nur für niedrige Frequenzen und im Fall einer geschirmten  
Version kann die für eingangs erwähnte Anwendungen nötige Flexibilität und  
Packungsdichte nicht erreicht werden. Außerdem sind insbesondere die nicht  
geschirmten Versionen hinsichtlich EMV (Elektromagnetische Verträglichkeit)  
65 häufig nicht zufrieden stellend.



Alternative Lösungen wie geschirmte flexible Leiterplatten und geschirmte einlagige Bandkabel erfüllen nicht die typischen mechanischen Flex-Lebensdaueranforderungen von mehreren hunderttausend Flex-Zyklen, wie sie bei eingangs  
70 erwähnten Geräten mit zueinander beweglichen Teilen üblich sind.

Mit den üblichen Verfahren und Vorrichtungen zur Herstellung von Bandkabeln ist es nicht möglich, zwischen den in Bandkabelbreitenrichtung nebeneinander liegenden elektrischen Leitern einen Abstand mit so hoher Gleichmäßigkeit sicherzustellen, wie er für die Gleichmäßigkeit der Impedanz eines für hoch-  
75 schnelle Datenübertragung geeigneten Bandkabels erforderlich wäre.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Bandkabel zu schaffen, das sich mit den Abmessungen eines Mikrokabels herstellen läßt. Dabei soll eine hohe  
80 Impedanz- und Laufzeitgenauigkeit zwischen benachbarten Signalleitern eines Signalleiterpaares mit so hoher Gleichmäßigkeit ermöglicht werden, dass das Bandkabel für hochschnelle Datenübertragung verwendet werden kann.

Dies erreicht man mit einem Bandkabel der in Patentanspruch 1 oder 6 angegebenen Art, das sich gemäß Patentanspruch 14 verwenden und mit dem in Patentanspruch 18 angegebenen Verfahren herstellen läßt. Ausführungsformen  
85 und Weiterbildungen sind in den abhängigen Patentansprüchen angegeben.

Demnach schafft die Erfindung ein Bandkabel, das mindestens zwei Leiterebenen aufweist, in denen je eine Mehrzahl von in Bandlängsrichtung verlaufenden elektrischen Leitern angeordnet ist, wobei die elektrischen Leiter in Bandkabel-  
90 dickenrichtung und/oder in Bandkabelbreitenrichtung mittels einer als Distanzisolator wirkenden Mittelisolierlage vorbestimmter Dicke auf einem definierten Abstand voneinander gehalten werden und mittels je einer Außenisolierlage gegeneinander und zur jeweiligen Bandkabelaußenseite hin elektrisch isoliert  
95 und positioniert sind. Dabei befindet sich die Mittelisolierlage waagrecht und/oder senkrecht zwischen zwei benachbarten Leitern. Im Fall senkrechter Mittelisolierlagenanordnung befinden sich zwischen je einem Paar übereinander befindlicher Leiter und einem dazu benachbarten Paar übereinander befindlicher Leiter je eine Mittelisolierlage. Für die Mittelisolierlage und die Außeniso-  
100

lierlagen ist eine derartige Materialauswahl getroffen, dass das Mittelisolierlagenmaterial eine größere Härte als das Außenisolierlagenmaterial aufweist, und zwar solchermaßen, dass bei Ausübung einer in Bandkabeldeckenrichtung wirkenden zunehmenden Druckkraft auf das Bandkabel von den elektrischen Leitern das Außenisolierlagenmaterial wesentlich eher verdrängt wird als das Mittelisolierlagenmaterial.

Bei Ausführungsformen der Erfindung sind die Mittelisolierlage und/oder die Außenisolierlagen des Bandkabels durch bandförmiges Isoliermaterial gebildet. Es besteht aber auch die Möglichkeit, das Bandkabel unter Extrusion der Isolierlagen herzustellen.

Dadurch, dass der Abstand der zu unterschiedlichen Leiterebenen gehörenden elektrischen Leiter durch die Mittelisolierlage bestimmt wird, die man aufgrund der erfindungsgemäßen Materialauswahl mit einer sehr hohen Gleichmäßigkeit hinsichtlich ihrer Dicke herstellen kann, ist für die Impedanz zwischen benachbarten Leitern eine sehr hohe Gleichmäßigkeit herstellbar. Außerdem werden mit einem derartigen Bandkabel bessere Flexeigenschaften erreicht als mit herkömmlichen einlagigen Bandkabeln mit Abschirmung.

Dies hat zwei ganz entscheidende Vorteile. Einerseits wird bei der Herstellung des Bandkabels, auf welche nachfolgend noch näher eingegangen wird, vermieden, dass beim Zusammenpressen der Bandkabelkomponenten zum Zweck von deren Verbindung zu dem Bandkabel die elektrischen Leiter in die Mittelisolierlage hineingedrückt werden und es dadurch zu einer Veränderung von dessen Dicke kommt, die wiederum eine Veränderung der Impedanz nach sich zieht. Hat das Zusammenpressen der Bandkabelkomponenten beim Vorgang des Herstellens des Bandkabels die Auswirkung, dass die elektrischen Leiter umliegendes Isolierlagenmaterial verdrängen, kommt es zu einer Verdrängung des weichen Außenisolierlagenmaterials und bleibt das härtere Mittelisolierlagenmaterial von einer solchen Verdrängung verschont. Kommt es andererseits bei Biege-, Torsions- oder Flexbewegungen des im Einsatz befindlichen Bandkabels zu starken Biegungen oder gar zur Ausübung eines Druckes auf das Bandkabel, kommt es auch in diesem Fall zu einer Verdrängung von Außeniso-

135    lierlagenmaterial, nicht jedoch von Mittelisolierlagenmaterial. Auch bei einem  
durch Biege-, Torsions- oder Flexbewegungen belasteten Bandkabel bleibt da-  
her die Gleichförmigkeit des Abstandes zwischen den Signalleitern der beiden  
Leiterebenen und damit die Gleichförmigkeit der Impedanz zwischen diesen  
Leitern des Bandkabels erhalten.

140

Bei einer Ausführungsform der Erfindung sind sämtliche elektrischen Leiter als  
Rundleiter ausgebildet. Bei einer anderen Ausführungsform sind sämtliche Lei-  
ter als Flachleiter ausgebildet. Bei einer weiteren Ausführungsform ist ein Teil  
der Leiter als Rundleiter und der restliche Teil als Flachleiter ausgebildet.

145

Des Weiteren schafft die Erfindung ein Bandkabel, bei dem ein Teil der Leiter  
als schmale Leiter und der restliche Teil als breite Flachleiter ausgebildet ist, je  
zwei schmalen Leiter der gleichen Leiterebene ein Leiterpaar bilden und jedem  
dieser Leiterpaare ein breiter Flachleiter der anderen Leiterebene zugeordnet  
150 ist, wobei die breiten Flachleiter je eine derartige Breite und Lage aufweisen,  
dass jeder von diesen sich breitenmäßig über die Gesamtbreite eines je gegen-  
überliegenden Leiterpaares der anderen Leiterebene erstreckt. Ein derartiges  
Bandkabel eignet sich besonders gut für eine differenzielle Signalübertragung  
im hochfrequenten Bereich.

155

Bei Verwendung des erfindungsgemäßen Bandkabels für die differenzielle Si-  
gnalübertragung werden je zwei benachbarte elektrische Leiter, die entweder  
zu verschiedenen Leiterebenen oder zu selben Leiterebene gehören, als Signal-  
leiterpaar für die differenzielle Signalübertragung verwendet. Einem jeden der-  
160 artigen Signalleiterpaar liegt ein Masseleiterpaar gegenüber oder, was zu noch  
besserer Eignung für differenzielle Signalübertragung führt, ein einziger ge-  
meinsamer Masseleiter, der sich breitenmäßig über die Gesamtbreite des ge-  
genüberliegenden Signalleiterpaares erstreckt.

165

Da bei der differenziellen Signalübertragung mit Signalleiterpaaren, wie bereits  
erwähnt, Gleichtaktstörungen, z.B. Übersprechen, herausgefiltert und Störun-  
gen durch Ein- und Abstrahlung deutlich reduziert werden, bedarf es keiner zu-  
sätzlichen Kabelabschirmung. Daher erreicht man mit einem erfindungsgemä-

170       ßen Bandkabel eine höhere mechanische Belastbarkeit und bessere Biegeeigenschaften, als sie herkömmliche einlagige Bandkabel haben, die zusätzlich zu den Signalleitern noch Schirmlagen aufweisen.

175       Bei einer Ausführungsform der Erfindung mit Signalleiterpaaren und je zugehörigen Masseleitern befinden sich in einer der beiden Leiterebenen schmale Leiter und in der anderen Leiterebene breite Flachleiter. Dabei bilden je zwei benachbarte schmale Leiter der einen Leitungsebene ein Signalleiterpaar, während die breiten Flachleiter in der anderen Leiterebene je als Referenz- oder Massepotentialleiter für ein jeweils benachbartes Paar von schmalen Signalleitern dienen. Dabei weisen die breiten Flachleiter eine derartige Breite und relative Lage auf, dass jeder der breiten Flachleiter ein zugehöriges Paar von  
180       schmalen Signalleitern der anderen Leiterebene breitenmäßig überspannt, aber nicht notwendigerweise überragt. Der Abstand der schmalen Leiter und der breiten Flachleiter in Bandkabeldickenrichtung gesehen wird auch bei dieser Ausführungsform durch die Mittelisolierlage bestimmt und kann daher mit einer hohen Gleichmäßigkeit eingehalten werden. Bei einem Bandkabel dieser  
185       Ausführungsform wird die Impedanz zwischen zwei ein Signalleiterpaar bildenden schmalen Leiter ganz überwiegend nicht durch deren Abstand voneinander bestimmt sondern durch den Abstand, den diese schmalen Signalleiter von dem zugehörigen breiten Flachleiter in Bandkabeldickenrichtung haben. Da sich  
190       dieser Abstand mit Hilfe der Mittelisolierlage mit hoher Genauigkeit und Gleichmäßigkeit einhalten lässt, ist bei diesem Bandkabelaufbau eine hochgleichmäßige differenzielle Impedanz auch zwischen benachbarten Signalleitern, die sich in derselben Leiterebene befinden, zu erreichen.

195       Bei der Ausführungsform mit breiten Flachleitern in der einen Leiterebene können die Signalleiter in der anderen Leiterebene entweder als Rundleiter oder als relativ zu den breiten Flachleitern schmale Flachleiter ausgebildet sein.

200       Bei einer Ausführungsform der Erfindung befinden sich in Bandkabelbreitenrichtung benachbarte breite Flachleiter oder Gruppen breiter Flachleiter abwechselnd in der einen und in der anderen Leiterebene, mit entsprechend ab-

wechselnder Anordnung der je zugehörigen schmalen Leiter der einen bzw. der anderen Leiterebene.

205 Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird eine Walzenanordnung verwendet, die zwei drehbar gehaltene, parallel zueinander angeordnete Walzen aufweist, von denen jede an ihrem Außenumfang eine Mehrzahl von axial voneinander beabstandeten Ringnuten für die Führungsaufnahme je eines elektrischen Leiters aufweist, wobei das Profil der einzelnen Ringnuten an das Profil  
210 desjenigen elektrischen Leiters angepasst ist, der in der jeweiligen Ringnut geführt werden soll. Die beiden Walzen werden auf einen vorbestimmten radialen Abstand voneinander eingestellt, derart, dass zwischen den beiden Walzen ein Spalt mit einer Spaltdicke entsteht, die um soviel geringer ist als die Summe der Dicken der drei Isolierlagen, dass beim Hindurchführen der einzelnen Kom-  
215 ponenten des Bandkabel durch diesen Spalt zwischen den Walzen ein ausreichender Druck auf diese Komponenten ausgeübt wird, um deren Verbindung zu dem Bandkabel zu bewirken. Aufgrund der bereits erwähnten Materialhärtenauswahl für die Isolierlagen ist sichergestellt, dass der Pressdruck, der von den beiden Walzen auf die Bandkabelkomponenten ausgeübt wird, um diese  
220 zum Bandkabel zu verbinden, dazu führt, dass eine von den elektrischen Leitern bewirkte Verdrängung von Isolierlagenmaterial in den Außenisolierlagen wirksam wird und nicht in der Mittelisolierlage.

Bei einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die Isolierlagen mittels eines zuvor auf sie aufgetragenen Klebstoffs unter Einschluß  
225 der elektrischen Leiter miteinander verbunden. Bei einer anderen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die Isolierlagen mittels einer geheizten Walzenanordnung während ihres Hindurchlaufens durch den Spalt zwischen den beiden Walzen soweit erhitzt, dass sie anschmelzen und es zu einer Heißverklebung der Isolierlagen miteinander aufgrund dieses Anschmelzens kommt. Bei Verwendung eines wärmeaktivierbaren Klebstoffs erfolgt  
230 ebenfalls eine Erwärmung über die Walzen.

Bei einer anderen Ausführungsform wird das Bandkabel unter Extrusion der  
235 hergestellt.

Die Erfindung wird nun anhand von Ausführungsformen unter Bezugnahme auf Zeichnungen näher erläutert. In den Zeichnungen zeigen:

240    Figur 1   eine erste Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Bandkabels;

Figur 2   eine zweite Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Bandkabels;

Figur 3   eine dritte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Bandkabels;

245

Figur 4   eine nochmalige, vergrößerte Querschnittsdarstellung eines Bandkabels des in Figur 1 gezeigten Aufbaus;

250

Figuren 5 bis 8 Querschnittsansichten während einiger Herstellungsphasen bei der Herstellung des in Figur 4 gezeigten Bandkabels;

Figur 9   eine Darstellung zur Erläuterung der Auswirkungen unterschiedlicher Härten für die unterschiedlichen Isolationsmaterialien;

255

Fig. 10   eine schematisierte Querschnittsdarstellung eines erfindungsgemäßen Bandkabels mit einer Leiterstruktur entsprechend dem Bandkabel gemäß Fig. 1 mit zwei Lagen von Rundleitern, das aufgrund seiner Abmessungen als Mikrokabel bezeichnet wird;

260

Fig. 11   den Verlauf der Einfügungsdämpfung (Insertion Loss) in Abhängigkeit von der Frequenz bei dem Mikrokabel gemäß Fig. 10;

265

Fig. 12   eine schematisierte Querschnittsdarstellung eines erfindungsgemäßen Bandkabels mit einer Leiterstruktur entsprechend dem Bandkabel gemäß Fig. 2 mit einer Lage von Rundleitern und einer Lage von breiten Flachleitern, bei dem es sich ebenfalls um ein Mikrokabel handelt;

Fig. 13   eine schematisierte Querschnittsdarstellung eines erfindungsgemäßen Bandkabels mit einer Leiterstruktur entsprechend dem Bandkabel gemäß

270 Fig. 3 mit einer Lage von schmalen Flachleitern und einer Lage von breiten Flachleitern, bei dem es sich ebenfalls um ein Mikrokabel handelt;

Fig. 14 den Verlauf der Einfügungsdämpfung (Insertion Loss) in Abhängigkeit von der Frequenz bei einem Mikrokabel mit einem gemeinsamen Masseleiter  
275 für jedes Signalleiterpaar;

Fig. 15 den Verlauf der Einfügungsdämpfung (Insertion Loss) in Abhängigkeit von der Frequenz bei dem Mikrokabel gemäß Fig. 12 bzw 13; und

280 Bei der nachfolgenden Erläuterung der Zeichnungen werden Begriffe wie senkrecht, waagrecht, oben, unten, links und rechts verwendet, die sich nur auf die Darstellung in der jeweils betrachteten Figur beziehen, für das jeweils betrachtete Bandkabel aber keine absolute Bedeutung haben sondern bei anderer als der jeweils dargestellten Lage nicht mehr gelten.

285 Figur 1 zeigt in Querschnittsansicht einen Teil der Breite eines erfindungsgemäßen Bandkabels 11 mit elektrischen Rundleitern 13a, 15a, 17a und 19a, die sich in einer oberen Leiterebene befinden, und elektrischen Rundleitern 13b, 15b, 17b und 19b, die sich in einer unteren Leiterebene befinden. Bei Anwendung  
290 dieses Bandkabels zur differenziellen Signalübertragung bilden die elektrischen Leiter 13a, 13b ein erstes Differenzsignalleiterpaar, die elektrischen Leiter 15a und 15b ein zweites Differenzsignalleiterpaar usw. Eine praktische Ausführungsform eines derartigen Bandkabels kann mehr oder weniger als die vier in Figur 1 gezeigten Signalleiterpaare aufweisen.

295 Zwischen den Leitern der oberen Leiterebene und den Leitern der unteren Leiterebene befindet sich eine als Distanzisolator wirkende Mittellisolerlage 21, mittels welcher die Signalleiter 13a bis 19a der oberen Leiterebene und die Leiter 13b bis 19b der unteren Leiterebene auf einem gleichmäßigen, definierten  
300 Abstand voneinander gehalten werden. Die Mittellisolerlage 21 besteht aus einem isolierenden Material geeigneter Dielektrizitätskonstante. Beispielsweise besteht die Mittellisolerlage 21 aus PTFE (Polytetrafluorethylen). Besonders gut geeignet ist ePTFE, also expandiertes, mikroporöses PTFE. ePTFE hat eine

Dielektrizitätskonstante  $\epsilon_r$  im Bereich von etwa 1,2 bis etwa 2,1 und eignet sich  
daher besonders gut als dielektrisches Material von Hochfrequenzkabeln.

Die elektrische Isolierung der Signalleiter 13a bis 19b gegeneinander und zur  
Außenseite des Bandkabels hin erfolgt mittels einer oberen Außenisolierlage  
23a bzw. mittels einer unteren Außenisolierlage 23b. Infolge des Verfahrens,  
mittels welchem das Bandkabel hergestellt wird und das weiter unten noch näher  
erläutert wird, schmiegen sich die Außenisolierlagen 23a und 23b um die  
von der Mittelisolierlage 21 abliegenden Seiten der Signalleiter 13a bis 19b herum,  
wie dies in Figur 1 gezeigt ist.

Bei einer Ausführungsform bestehen die beiden Außenisolierlagen 23a und  
23b ebenfalls aus PTFE, bevorzugtermaßen auch aus ePTFE. Dabei wird das zuvor  
erwähnte Härteverhältnis zwischen dem ePTFE der Mittelisolierlage 21 und  
dem ePTFE der Außenisolierlagen 23a und 23b eingehalten.

Bei praktischen Ausführungsformen des in Figur 1 gezeigten Bandkabels als Mikrobandkabel werden in einer jeden Leiterebene Rundleiter mit einem Durchmesser im Größenbereich von etwa 0,05 mm (AWG 44) bis etwa 0,13 mm (AWG 36) verwendet, wobei AWG für American Wire Gauge steht, und haben die Rundleiter einen Mittenabstand von etwa 0,2 mm bis 0,3 mm (9 mil bis 12 mil) voneinander, besitzen die ein jeweiliges Signalleiterpaar bildenden Leiter der oberen Leiterebene und der unteren Leiterebene einen Mittenabstand von etwa 150  $\mu\text{m}$  (etwa 6 mil) voneinander und hat die Mittelisolierlage 21 eine Dicke von etwa 50  $\mu\text{m}$ , je mit einer Toleranz von maximal  $\pm 5 \mu\text{m}$ .

Eine praktische Realisierung des in Figur 1 gezeigten Bandkabels hat hervorragende Eigenschaften hinsichtlich der Biegsamkeit und Flexbeständigkeit sowie hinsichtlich der Gleichmäßigkeit der Impedanz gezeigt und hat eine Tauglichkeit für eine Datenübertragungsgeschwindigkeit bis in den Bereich von über 2 Gbit/s, in Abhängigkeit von der Bandkabellänge.

Figur 2 zeigt in Querschnittsansicht eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Bandkabels 111, bei dem in der unteren Leiterebene elektrische Rund-



leiter angeordnet sind, die drei Signalleiterpaare 113a, 113b bzw. 115a, 115b bzw. 117a, 117b bilden, die paarweise je für eine differenzielle Signalübertragung verwendet werden können. In der oberen Leiterebene befinden sich breite Flachleiter 113c, 115c und 117c, die je einem der Signalleiterpaare der unteren Leiterebene zugeordnet sind und eine derartige Breite und Lage haben, dass jeder der breiten Flachleiter 113c, 115c und 117c ein zugehöriges der Signalleiterpaare 113a, 113b bzw. 115a, 115b bzw. 117a, 117b überspannt, aber nicht notwendigerweise überragt. Die breiten Flachleiter 113c bis 117c bilden für das je zugehörige der Leiterpaare 113a bis 117b je einen Referenzpotentialleiter. Für die Impedanz des jeweiligen Signalleiterpaares ist maßgeblich der Abstand der jeweiligen beiden Rundleiter in der unteren Leiterebene von dem jeweiligen breiten Flachleiter in der oberen Leiterebene. Dieser Abstand wird wie im Fall der Figur 1 durch eine Mittellisolerlage 121 gebildet, welches die Rundleiter und den je zugehörigen breiten Flachleiter auf einem definierten und gleichmäßigen Abstand hält. Wie in Figur 1 übernehmen auch bei dieser Ausführungsform Außenisolierlagen 123a und 123b die Isolierung zwischen den einzelnen Leitern gegeneinander und zur jeweiligen Bandkabelaußenseite.

Auch bei dieser Ausführungsform eignen sich als Materialien für die Isolierlagen 121, 123a und 123b PTFE, insbesondere ePTFE, wieder unter Beachtung der zuvor erwähnten Härteverhältnisse zwischen dem ePTFE der Mittellisolerlage 121 und dem ePTFE der beiden Außenisolierlagen 123a und 123b.

Bei einer praktischen Realisierung des Bandkabels gemäß Figur 2 weisen die zu einem Signalleiterpaar, beispielsweise 113a und 113b gehörenden beiden Rundleiter einen Mittenabstand von etwa 0,28 mm (etwa 11 mil) auf, haben die breiten Flachleiter 113c, 115c, 117c je eine Breite von etwa 0,4 mm (etwa 16 mil) und einen gegenseitigen Abstand von etwa 0,5 mm (etwa 20 mil). Dabei beträgt der durch die Mittellisolerlage 121 bestimmte Abstand zwischen den Rundleitern 113a bis 117b und den breiten Flachleitern 113c bis 117c etwa 0,05 mm (etwa 2 mil).

Figur 3 zeigt in Querschnittsdarstellung eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Bandkabels 211, das mit der in Figur 2 gezeigten Ausführungs-

form mit der Ausnahme übereinstimmt, dass Signalleiter der unteren Leiterebene, die Signalleiterpaare 213a, 213b bzw. 215a, 215b bzw. 217a, 217b bilden, als Schmalflachleiter ausgebildet sind, die Leiter der oberen Leiterebene wie im  
375 Fall der Figur 2 als breite Flachleiter 213c, 215c und 217c. Hinsichtlich der Materialien für eine Mittelisolierlage 221 und Außenisolierlagen 223a und 223b gilt das Gleiche wie bei der Ausführungsform gemäß Figur 202. Besonders bevorzugt wird für diese Isolierlagen ePTFE, wieder unter Beachtung der bereits genannten Härteverhältnisse.

380 Bei einer praktischen Realisierung eines Bandkabels mit dem in Figur 3 gezeigten Aufbau haben die Schmalflachleiter 213a bis 217b eine Breite von etwa 0,15 mm (etwa 6 mil), haben die breiten Flachleiter 213c bis 217c eine Breite von etwa 0,46 mm (etwa 18 mil) und ist der durch die Mittelisolierlage 221 be-  
385 stimmte Abstand zwischen den Schmalflachleiter 213a bis 217b und den Breiflachleitern 213c bis 217c etwa 0,06 mm (etwa 2,3 mil).

Bei den beiden Ausführungsformen gemäß Figuren 2 und 3 haben die Flachleiter alle eine Dicke von etwa 0,03 mm (etwa 1 mil).

390 Bei den praktischen Realisierungen der Breitbandkabel gemäß Figuren 1 und 2 haben die Rundleiter je einen Durchmesser entsprechend AWG 36 und kleiner, was einem Rundleiterdurchmesser von etwa 0,127 mm nominal und kleiner entspricht.

395 Untersuchungen an den praktischen Realisierungen der in Figuren 2 und 3 gezeigten Bandkabel haben gezeigt, dass diese sich besonders gut für hochschnelle Datenübertragung bis in den Bereich von über 2,5 Gbit/s eignen. Auch diese Kabel zeichnen sich durch eine hohe Flexibilität und Flexbeständigkeit  
400 aus und durch eine hochgleichmäßige Impedanz.

Bei einer praktischen Realisierung des in Figur 1 gezeigten Bandkabels als Mikrobandkabel mit 2 x 16 Rundleitern, d.h. 16 Rundleitern pro Leiterebene, weisen dessen beide äußere Rundleiter derselben Leiterebene einen Mittenab-  
405 stand von 4,6 mm auf, mit einem Mittenabstand zwischen benachbarten Leitern

im Bereich von etwa 0,2 mm (9 mil) bis 0,3 mm (12 mil). Bei praktischen Ausführungsformen kommen pro Leiterebene 4 bis 32 Leiter zum Einsatz.

410 Die Leiterzahl der in den Figuren 2 und 3 gezeigten Ausführungsformen kann entsprechend dem jeweiligen Bedarf auch variabel gewählt werden.

Bei allen gezeigten Ausführungsformen eignen sich als elektrische Leiter übliche für Hochfrequenzkabel verwendete Materialien wie silberplattiertes Kupfer (SPC), reines Kupfer, verzinnertes Kupfer, hochfeste Kupferlegierungen mit  
415 oder ohne Oberflächenveredelung, Gold und Silber.

Als Isoliermaterialien für die Isolierlagen eignen sich neben PTFE und ePTFE beispielsweise auch Polyethylen und Polyester und deren geschäumte Varianten.  
420

In Figur 4 ist nochmals in vergrößerter Darstellung der Aufbau eines Bandkabels der in Figur 1 gezeigten Art dargestellt. Eine Methode zur Herstellung eines derartigen Bandkabels wird nun anhand der Figuren 5 bis 8 erläutert, in denen unterschiedliche Herstellungsphasen je in Querschnittsdarstellung gezeigt sind.  
425

Bei der in Figur 5 gezeigten Herstellungsphase sind beidseits der Mittelisolierlage 21 rein als Beispiel je drei Rundleiter 13a, 13b, 15a, 15b, 17a und 17b angeordnet. Da die Rundleiter 13a bis 17b von der Mittelisolierlage 21 auf Distanz gehalten werden, wird im Zusammenhang mit diesen Figuren auch der Begriff  
430 Distanzisolator für die Mittelisolierlage 21 verwendet. Die Rundleiter 13a bis 17b, bei denen es sich im Fall eines Mikrobandkabels um sehr dünne Feindrähte handelt, werden präzise mit Hilfe eines Werkzeugs an dem Distanzisolator 21 einander gegenüberliegend positioniert.

435 Der Distanzisolator 21 bestimmt zusammen mit dem Drahtdurchmesser der Rundleiter 13a bis 17b die Übertragungseigenschaften des Bandkabels.

Figur 6 zeigt eine Herstellungsphase, bei welcher je eine Außenisolierlage 23a, 23b oben und unten an die Rundleiter 13a bis 17b positioniert worden ist. In

440 den Figuren 6 und 7 werden die Außenisolerlagen 23a, 23b auch als äußeres Isoliermaterial bezeichnet.

Bei der in Figur 7 gezeigten Herstellungsphase kommen von den beiden Außen-  
445 seiten der beiden Außenisolerlagen 23a und 23b je rotierende Pressstempel 25a bzw. 25b zum Einsatz. Diese sind, wie schematisch dargestellt, derart geformt, dass sie Stempelbereiche in den Zwischenräumen zwischen je einem Paar benachbarter Rundleiter und neben den äußeren Rundleitern 13a, 13b und 17a, 17b aufweisen, um in der in Figur 8 gezeigten Weise das äußere Isolationsmaterial 23a, 23b um die einzelnen Rundleiter 13a bis 17b herum zu formen  
450 und neben den Rundleitern 13a bis 17b auf den Distanzisulator 21 zu pressen. Dabei drücken die Pressstempel 25a, 25b das äußere Isolationsmaterial zwischen den Rundleitern 13a bis 17b zusammen. Anschließend werden die Isolationsmaterialien miteinander verklebt, wozu entweder Klebstoff zum Einsatz kommen kann oder eine Verklebung durch Anschmelzerwärmung der Isolationsmaterialien während des Pressvorgangs, wobei die Anschmelzwärme durch  
455 Erwärmen der Pressstempel 25a und 25b zugeführt werden kann.

Bei einer Ausführungsform bilden die rotierenden Pressstempel einen Teil einer Walzenanordnung mit zwei drehbar gehaltenen, parallel zueinander angeordneten  
460 Walzen, von denen jede an ihrem Außenumfang eine Mehrzahl von axial voneinander beabstandeten Ringnuten für die Führungsaufnahme je eines elektrischen Leiters aufweist. Dabei werden die beiden Walzen auf einen derartigen radialen Abstand voneinander eingestellt, dass zwischen ihnen ein Spalt mit einer Spaltdicke entsteht, die um einen vorbestimmten Betrag geringer ist als die  
465 Summe der Dicken der drei beteiligten Isolierlagen. Die das Bandkabel bildenden Bandkabelkomponenten, nämlich die elektrischen Leiter, der Distanzisulator und die beiden äußeren Isolationsmaterialien werden dem Spalt von einer Seite zugeführt, werden im Spalt zusammengepresst und verklebt und verlassen die Walzenanordnung auf der anderen Seite des Spaltes als Bandkabel.

470

Als Walzenanordnung eignet sich prinzipiell eine Anordnung wie sie in der EP 1 271 563 A1 und in der EP 0 903 757 B1 gezeigt sind, nach Anpassung an die Bedürfnisse für die Herstellung eines erfindungsgemäßen Bandkabels. Im erfin-

475 dungsgemäßen Fall werden der Zuführseite der Walzenanordnung von oben nach unten betrachtet die obere Außenisolerlage 23a, die oberen Leiter 13a, 15a und 17a, die Mittelisolerlage 21, die unteren Leiter 13b, 15b und 17b und die untere Außenisolerlage 23b zugeführt, wobei auch hierbei die in den genannten Druckschriften gezeigten Walzenringnuten für eine lagerichtige Positionierung der Leiter 13a-17b sorgen.

480

Wie bereits erwähnt, wird für die Mittelisolerlage 21 und die Außenisolerlagen 23a und 23b eine Materialauswahl getroffen, derart, dass die Mittelisolerlagematerial oder der Distanzisolator eine höhere Härte aufweist als das äußere Isolationsmaterial, und zwar in solcher Weise, dass bei dem beim Pressvorgang ausgeübten Pressdruck von den elektrischen Leitern im wesentlichen nur Außenisolerlagenmaterial nicht aber Mittelisolerlagenmaterial verdrängt und somit die Dicke der Mittelisolerlage im wesentlichen unverändert aufrechterhalten wird.

485

490 Dies wird noch anhand der Figur 9 erläutert. Während des mittels der Pressstempel 25a, 25b ausgeübten Pressvorgangs erfolgt eine Dehnung der Außenisolation 23a, 23b durch Umschlingung des jeweiligen Rundleiters 13a bis 17b während der Formgebung. Während dieses Pressvorgangs, der durch weiße Pfeile angedeutet ist, muss sich das Außenisolationsmaterial dehnen. 495 Die Dehnwiderstandskraft des Außenisolationsmaterials, durch Rundpfeile 31a und 31b angedeutet, muss kleiner sein als die mechanische Widerstandskraft des Distanzisolators 21 gegen dessen bleibende Verformung, in Figur 9 mit einem geradlinigen Doppelpfeil 33 angedeutet. Dies wird dadurch erreicht, dass für die Außenisolation Isolationsmaterialien mit geringer Widerstandskraft gegen eine Querdehnung verarbeitet werden, dass jedoch für den Distanzisolator 500 21 Materialien mit hoher Härte verwendet werden.

Anhand der Figuren 10 bis 16 werden noch besondere Aspekte erfindungsgemäßer Bandkabel besonders guter Eignung für differenzielle Signalübertragungen im Bereich sehr hoher Frequenzen, die im GHz-Bereich liegen, betrachtet. 505 Angestrebt für differenzielle Signalübertragungen im GHz-Bereich ist eine Einfügungsdämpfung (Insertion Loss), die in Abhängigkeit von der Frequenz einen

möglichst gleichmäßigen Verlauf, d.h. einen Dämpfungsverlauf mit möglichst geringen Dämpfungseinbrüchen oder Kerben (Dips), bei deren Frequenzen eine beträchtliche Dämpfungszunahme auftritt, aufweist.

Diese Bandkabel weisen hinsichtlich der Leiterabmessungen und Leiterabstände sehr geringe Abmessungen auf und werden daher als Mikrokabel bezeichnet. In den Figuren 10, 12 und 13 sind Beispiele solcher Abmessungen angegeben, wobei 1 mil 1/1000 inch ist und 0,0254 mm entspricht. Das Maß mil ist im Zusammenhang mit Leiterabmessungen von Kabeln besonders üblich.

Fig. 10 zeigt in Form einer schematisierten Querschnittsansicht ein erfindungsgemäßes Mikrobalkenkabel mit einer Leiterstruktur entsprechend dem in Fig. 1 gezeigten Bandkabel, also ein Bandkabel mit zwei übereinander liegenden Lagen von Rundleitern. Dabei bilden im Fall differenzieller Signalübertragungen je zwei benachbarte Leiter einer Lage ein Signalleiterpaar und die je gegenüberliegenden beiden Leiter der anderen Lage ein je zugehöriges Referenzpotenzial- oder Masseleiterpaar. Dieses Mikrobalkenkabel hat einen in Fig. 11 gezeigten Einfügungsdämpfungsverlauf mit recht deutlichen und relativ tiefen Einkerbungen oder Dips.

Figuren 12 und 13 zeigen eine schematisierte Querschnittsansichten erfindungsgemäßer Mikrobalkenkabel mit einer Leiterstruktur mit einer Lage schmaler Leiter, bei denen es sich im Fall von Fig. 12 um Rundleiter und im Fall von Fig. 13 um Flachleiter handelt, und einer Lage von breiten Flachleitern, die je eine derartige Breite und relative Lage aufweisen, dass sie ein benachbartes Signalleiterpaar der anderen Lage über dessen Gesamtbreite überspannen. Dabei bilden im Fall differenzieller Signalübertragungen je zwei benachbarte schmale Leiter einer Lage ein Signalleiterpaar und der je gegenüberliegende breite Leiter der anderen Lage einen je zugehörigen Referenzpotenzial- oder Masseleiter. Ein derartiges Mikrobalkenkabel hat einen in Fig. 14 gezeigten Einfügungsdämpfungsverlauf, der im Wesentlichen glatt ist im Vergleich zum Einfügungsdämpfungsverlauf in Fig. 11 der Kabelstruktur gemäß Fig. 10 .

In Fig. 15 sind Einfügungsdämpfungsverläufe in Abhängigkeit von der Frequenz für die beiden unterschiedlichen Mikrokabelstrukturen gemäß Fig. 12 und 13 getrennt gezeigt. Dabei ist in der unteren Kurve der Einfügungsdämpfungsverlauf für das in Fig. 12 gezeigte Mikrobandkabel mit runden Signalleitern und in  
545 der oberen Kurve der Einfügungsdämpfungsverlauf für das in Fig. 13 gezeigte Mikrobandkabel mit flachen Signalleitern dargestellt.

Bei dem Mikrobandkabel mit der Struktur gemäß den Figuren 1 und 10, bei welchem den beiden Signalleitern eines Signalleiterpaares je ein separater  
550 Masseleiter gegenüber liegt und zugeordnet ist, wirken sich Koppelinduktivitäten und Koppelkapazitäten zwischen den beiden Masseleitern eines jeden Masseleiterpaares im hohen Frequenzbereich störend aus. Das Ergebnis sind die in Fig. 11 beobachtbaren Einbrüche im Einfügungsdämpfungsverlauf. Bei einem Mikrobandkabel mit einem gemeinsamen Masseleiter für jedes Signalleiterpaar  
555 werden solche Koppelinduktivitäten und Koppelkapazitäten zu null. Als Folge davon erhält man einen praktisch glatten Einfügungsdämpfungsverlauf, wie er den Figuren 14 und 15 entnehmbar ist.

Das Ergebnis dieser Erkenntnis, die im Zusammenhang mit der Erfindung entstanden ist, ist, dass man dann, wenn es um differenzielle Signalübertragung  
560 im hohen Frequenzbereich, beispielsweise bei 2,5 GHz, geht, vorzugsweise ein Mikrobandkabel mit einem gemeinsamen Masseleiter für das je zugehörige Signalleiterpaar verwenden sollte.

Die Lehre der vorliegenden Erfindung ist es somit, dass man dann, wenn es auf einen möglichst gleichmäßigen Verlauf des Wellenwiderstandes über die Kabellänge ankommt, Bandkabel verwenden sollte, bei denen gemäß Patentanspruch 1 für die Mittelisolierlierlage und die Außenisolierlagen eine derartige  
565 Materialauswahl getroffen ist, dass das Mittelisolierlagenmaterial eine größere Härte als das Außenisolierlagenmaterial aufweist, derart, dass bei Ausübung einer in Bandkabel dickentrichtung wirkenden zunehmenden Druckkraft auf das  
570 Bandkabel von den elektrischen Leitern das Außenisolierlagenmaterial wesentlich eher verdrängt wird als das Mittelisolierlagenmaterial.

575 Eine weitere Lehre der Erfindung ist es, im Fall von differenzieller Signalübertragung im hohen Frequenzbereich ein Bandkabel zu verwenden, das pro Signalleiterpaar einen gemeinsamen Referenzpotenzial- oder Masseleiter aufweist, der sich über die gesamte Breite der beiden Signalleiter des zugehörigen Signalleiterpaares erstreckt.

580

Zu besonders guten Signalübertragungseigenschaften kommt man, wenn man diese beiden Lehren der Erfindung kombiniert.



585

**Patentansprüche**

590

595

600

605

1. Bandkabel, aufweisend mindestens zwei Leiterebenen mit je einer Mehrzahl von in Bandlängsrichtung verlaufenden elektrischen Leitern (13a bis 19b; 113a bis 117c; 213a bis 217c), die in Bandkabeldeckenrichtung und/oder Bandkabelbreitenrichtung mittels einer Mittellisolerlage (21; 121; 221) vorbestimmter Dicke auf einem definierten Abstand voneinander gehalten und mittels je einer Außenisolerlage (23a, 23b; 123a; 123b; 223a, 223b) zur jeweiligen Bandkabelaußenseite hin elektrisch isoliert und positioniert sind, wobei für die Mittellisolerlage (21; 121; 221) und die Außenisolerlagen (23a, 23b; 123a; 123b; 223a, 223b) eine derartige Materialauswahl getroffen ist, dass das Mittellisolerlagenmaterial eine größere Härte als das Außenisolerlagenmaterial aufweist, derart, dass bei Ausübung einer in Bandkabeldeckenrichtung wirkenden zunehmenden Druckkraft auf das Bandkabel von den elektrischen Leitern (13a bis 19b; 113a bis 117c; 213a bis 217c) das Außenisolerlagenmaterial wesentlich eher verdrängt wird als das Mittellisolerlagenmaterial.
2. Bandkabel nach Anspruch 1, bei welchem mindestens ein Teil der elektrischen Leiter (13a bis 19b; 113a, 113b, 115a, 115b, 117a, 117b) durch Rundleiter gebildet ist.
3. Bandkabel nach Anspruch 1 oder 2, bei welchem mindestens ein Teil der elektrischen Leiter durch Flachleiter (113c, 115c, 117c; 213a bis 217c) gebildet ist.
4. Bandkabel nach Anspruch 2 oder 3, bei welchem ein Teil der Flachleiter als schmale Leiter (113a, 113b, 115a, 115b, 117a, 117b; 213a, 213b, 215a, 215b, 217a, 217b) und der restliche Teil als breite Flachleiter (113c, 115c, 117c; 213c, 215c, 217c) ausgebildet ist.
5. Bandkabel nach Anspruch 4, bei welchem die schmalen Leiter Leiterpaare (113a und 113b, 115a und 115b, 117a und 117b; 213a und 213b, 215a und

215b, 217a und 217b) mit je zwei benachbarten schmalen Leitern bilden.

- 620 6. Bandkabel, aufweisend mindestens zwei Leiterebenen mit je einer Mehrzahl von in Bandlängsrichtung verlaufenden elektrischen Leitern (113a bis 117c; 213a bis 217c), die in Bandkabelickenrichtung und/oder Bandkabelbreitenrichtung mittels einer Mittelisolierlage (121; 221) auf einem vorbestimmten Abstand voneinander gehalten und mittels je einer Außenisolierlage zur jeweiligen Bandkabelaußenseite hin elektrisch isoliert und positioniert sind,
- 625 wobei ein Teil der Leiter als schmale Leiter (113a, 113b, 115a, 115b, 117a, 117b; 213a, 213b, 215a, 215b, 217a, 217b) und der restliche Teil als breite Flachleiter (113c, 115c, 117c; 213c, 215c, 217c) ausgebildet ist, je zwei schmalen Leiter (113a, 113b, 115a, 115b, 117a, 117b; 213a, 213b, 215a,
- 630 215b, 217a, 217b) der gleichen Leiterebene ein Leiterpaar (113a und 113b, 115a und 115b, 117a und 117b; 213a und 213b, 215a und 215b, 217a und 217b) bilden und jedem dieser Leiterpaare (113a und 113b, 115a und 115b, 117a und 117b; 213a und 213b, 215a und 215b, 217a und 217b) ein breiter Flachleiter (113c, 115c, 117c; 213c, 215c, 217c) der anderen Leiterebene zugeordnet ist, wobei die breiten Flachleiter (113c, 115c, 117c; 213c, 215c,
- 635 217c) je eine derartige Breite und Lage aufweisen, dass jeder von diesen sich breitenmäßig über die Gesamtbreite eines je gegenüberliegenden Leiterpaares (113a und 113b, 115a und 115b, 117a und 117b; 213a und 213b, 215a und 215b, 217a und 217b) der anderen Leiterebene erstreckt.
7. Bandkabel nach Anspruch 6, bei welchem die breiten Flachleiter (113c, 115c, 117c; 213c, 215c, 217c) in der einen Leiterebene und die schmalen Leiter (113a, 113b, 115a, 115b, 117a, 117b; 213a, 213b, 215a, 215b, 217a, 217b) in der anderen Leiterebene angeordnet sind.
8. Bandkabel nach Anspruch 6 oder 7, bei welchem mindestens ein Teil der schmalen Leiter (113a, 113b, 115a, 115b, 117a, 117b) durch Rundleiter gebildet ist.
- 650 9. Bandkabel nach einem der Ansprüche 6 bis 8, bei welchem mindestens ein Teil der schmalen Leiter (213a, 213b, 215a, 215b, 217a, 217b) durch Flachlei-

ter gebildet ist.

- 655 10. Bandkabel mit den Merkmalen nach einem der Ansprüche 1 bis 5 und den Merkmalen nach einem der Ansprüche 6 bis 9.
11. Bandkabel nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dessen Mittellisolerlage (21; 121; 221) und/oder Außenisolerlagen (23a, 23b; 123a; 123b; 223a, 223b) mit PTFE aufgebaut sind.
12. Bandkabel nach Anspruch 11, dessen Mittellisolerlage (21; 121; 221) und/oder Außenisolerlagen (23a, 23b; 123a; 123b; 223a, 223b) mit ePTFE aufgebaut sind.
- 665 13. Bandkabel nach einem der Ansprüche 4 bis 12, bei welchem einander in Bandkabelbreitenrichtung benachbarte breite Flachleiter (113c, 115c, 117c; 213c, 215c, 217c) oder benachbarte Gruppen von Flachleitern abwechselnd in der einen und in der anderen Leiterebene angeordnet sind, mit entsprechend abwechselnder Anordnung der je zugehörigen schmalen Leiter (113a, 113b, 115a, 115b, 117a, 117b; 213a, 213b, 215a, 215b, 217a, 217b) in der einen bzw. der anderen Leiterebene.
- 670 14. Verwendung des Bandkabels (11; 11; 211) nach einem der Ansprüche 1 bis 13 zur differentiellen Datenübertragung, wobei von je zwei einander benachbarten, ein Signalleiterpaar (z.B. 13a, 13b; 113a, 113b; 213a, 213b) bildenden elektrischen Leitern (13a bis 19b; 113a, 113b, 115a, 115b, 117a, 117b; 213a, 213b, 215a, 215b, 217a, 217c) jeweils einer Datenimpulse in nicht-negierter Signalform und der andere die Datenimpulse in negierter Signalform überträgt.
- 675 15. Verwendung nach Anspruch 14, wobei mindestens ein Teil der Signalleiterpaare (z.B. 13a, 13b) durch zwei zu unterschiedlichen Leiterebenen gehörende benachbarte elektrische Leiter gebildet wird.

- 685 16. Verwendung nach Anspruch 14 oder 15, wobei mindestens ein Teil der Signalleiterpaare (z.B. 113a, 113b; 213a, 213b) durch zwei zur gleichen Leiterebene gehörende benachbarte elektrische Leiter gebildet wird.
- 690 17. Verwendung des Bandkabels nach einem der Ansprüche 6 bis 13 zur differenziellen Datenübertragung, wobei von je zwei einander benachbarten, ein Signalleiterpaar (z.B. 113a, 113b; 213a, 213b) bildenden schmalen Leiter der einen Leiterebene jeweils einer Datenimpulse in nicht-negierter Signalform und der andere die Datenimpulse in negierter Signalform überträgt und ein das jeweilige Signalleiterpaar (z.B. 113a, 113b; 213a, 213b) überspannender breiter Flachleiter (z.B. 113c; 213c) der anderen Leiterebene als Referenzpotentialleiter für das je zugehörige Signalleiterpaar (z.B. 113a, 113b; 213a, 213b) verwendet wird.
- 700 18. Verfahren zur Herstellung eines Bandkabels mit zwei Leiterebenen mit je einer Mehrzahl von in Bandlängsrichtung verlaufenden elektrischen Leitern, die in Bandkabelplattenrichtung mittels einer Mittellisolerierlage vorbestimmter Dicke auf einem definierten Abstand voneinander gehalten und mittels je einer Außenisolerierlage gegeneinander und zur jeweiligen Bandkabelaußenseite hin elektrisch isoliert und positioniert sind,
- 705 mit folgenden Herstellungsschritten:
- (a) es wird eine Walzenanordnung bereitgestellt mit zwei drehbar gehaltenen, parallel zueinander angeordneten Walzen, von denen jede an ihrem Außenumfang eine Mehrzahl von axial voneinander beabstandeten Ringnuten für die Führungsaufnahme je eines elektrischen Leiters aufweist;
- 710 (b) die beiden Walzen werden auf einen derartigen radialen Abstand voneinander eingestellt, dass zwischen ihnen ein Spalt mit einer Spaltdicke entsteht, die um einen vorbestimmten Betrag geringer ist als die Summe der Dicken der Mittellisolerierlage und der beiden Außenisolerierlagen;
- (c) auf einer Eingangsseite des Spaltes werden Vorratsspeicher für die Zulieferung von Bandkabelkomponenten in Form der elektrischen Leiter, von bandförmigen Außenisolerierlagen und einer bandförmigen Mittellisolerierlage zu der Walzenanordnung derart positioniert, dass in Spaltdickenrichtung gesehen übereinander folgend die eine Außenisolerierlage, die elektrischen Lei-
- 715

720 ter der einen Leiterebene, die Mittellisolerlage, die elektrischen Leiter der anderen Leiterebene und schließlich die andere Außenisolerlage in den Spalt gelangen;

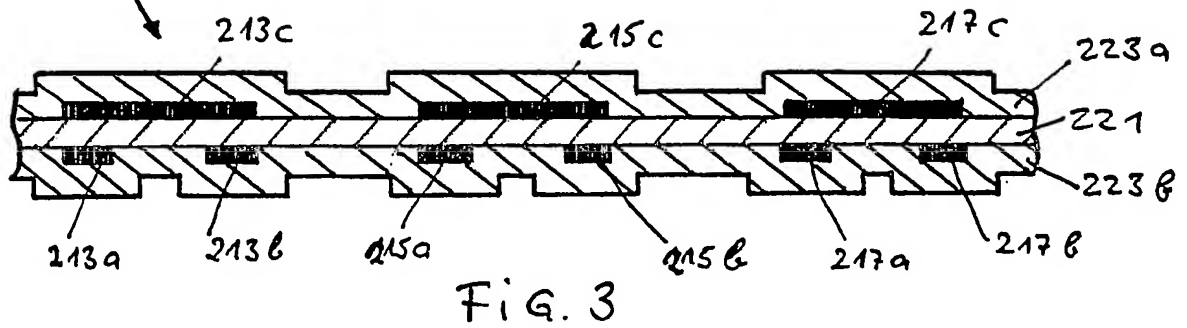
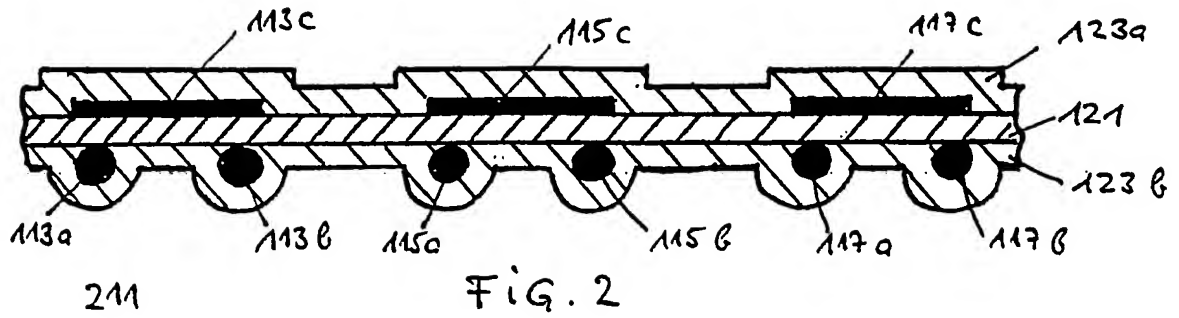
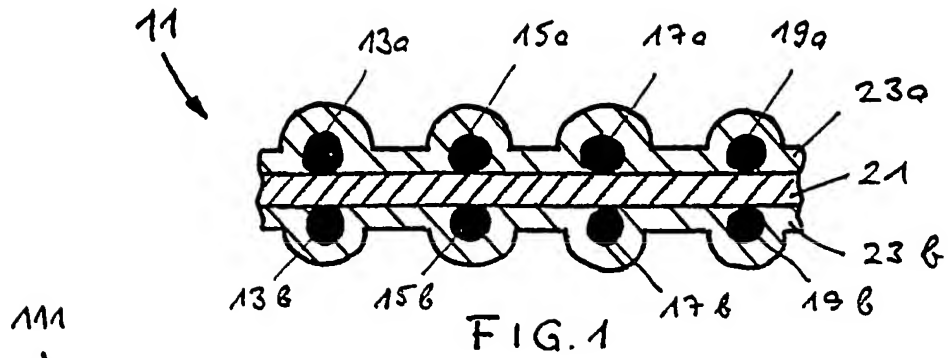
(d) mittels der Walzen wird auf die in den Spalt geführten Bandkabelkomponenten ein derartiger vorbestimmter Anpressdruck ausgeübt, dass die Bandkabelkomponenten miteinander zu dem Bandkabel verbunden werden;

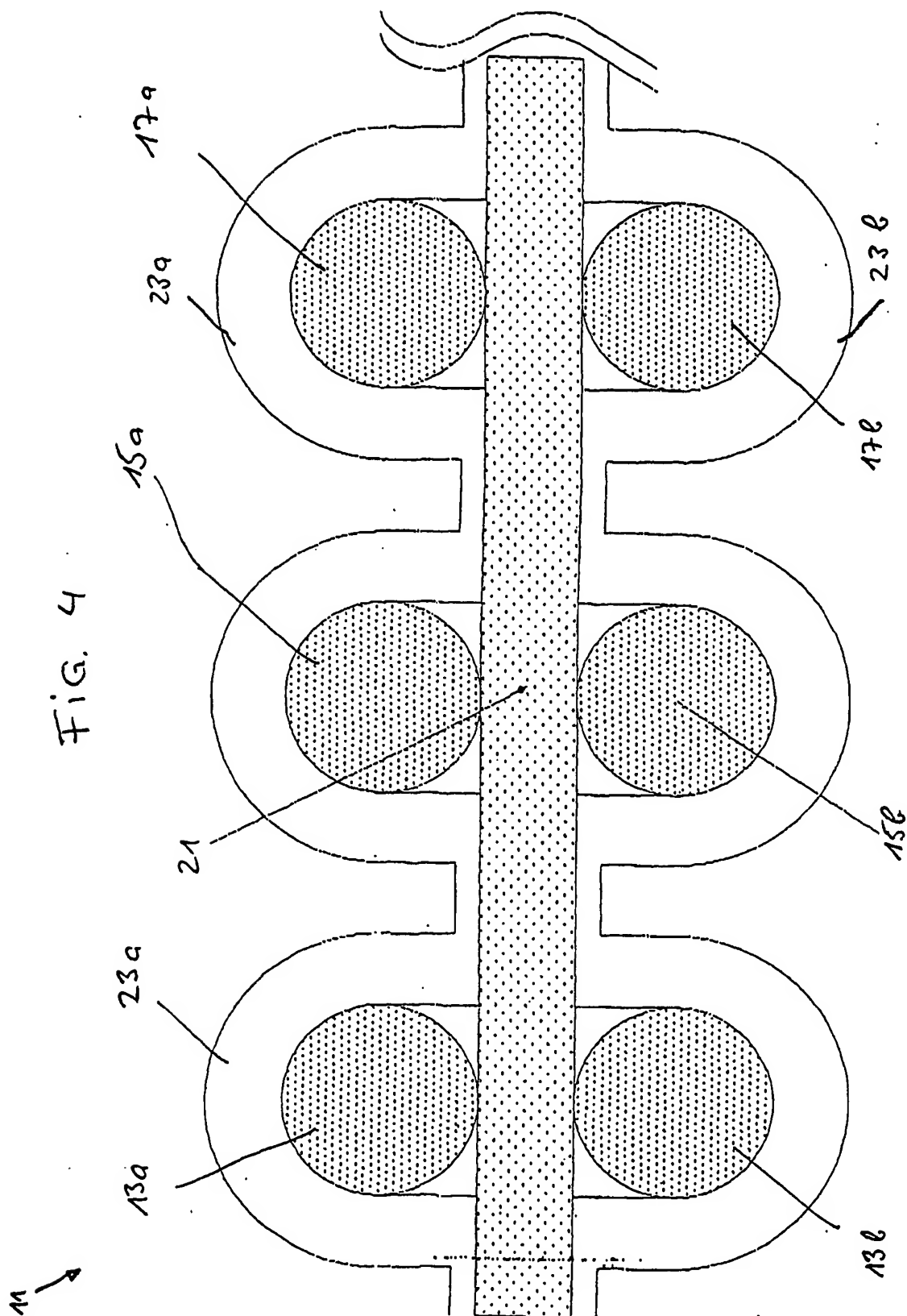
725 (e) für die Mittellisolerlage und die Außenisolerlagen wird eine derartige Materialauswahl getroffen, dass das Mittellisolerlagenmaterial eine größere Härte als das Außenisolerlagenmaterial aufweist, derart, dass bei dem vorbestimmten Anpressdruck von den elektrischen Leitern im wesentlichen nur Außenisolerlagenmaterial nicht aber Mittellisolerlagenmaterial verdrängt  
730 und somit die Dicke der Mittellisolerlage im wesentlichen unverändert aufrecht erhalten wird.

19.Verfahren nach Anspruch 18, bei welchem die Isolerlagen während des Hindurchgelangens durch den Spalt miteinander verklebt werden.

20.Verfahren nach Anspruch 19, bei welchem die Verklebung durch auf die Isolerlagen aufgebrachten Klebstoff bewirkt wird.

740 21.Verfahren nach Anspruch 19, bei welchem mindestens eine der Walzen geheizt und die Verklebung durch Anschmelzen der Isolerlagen während deren Berührung mit den Walzen bewirkt wird.





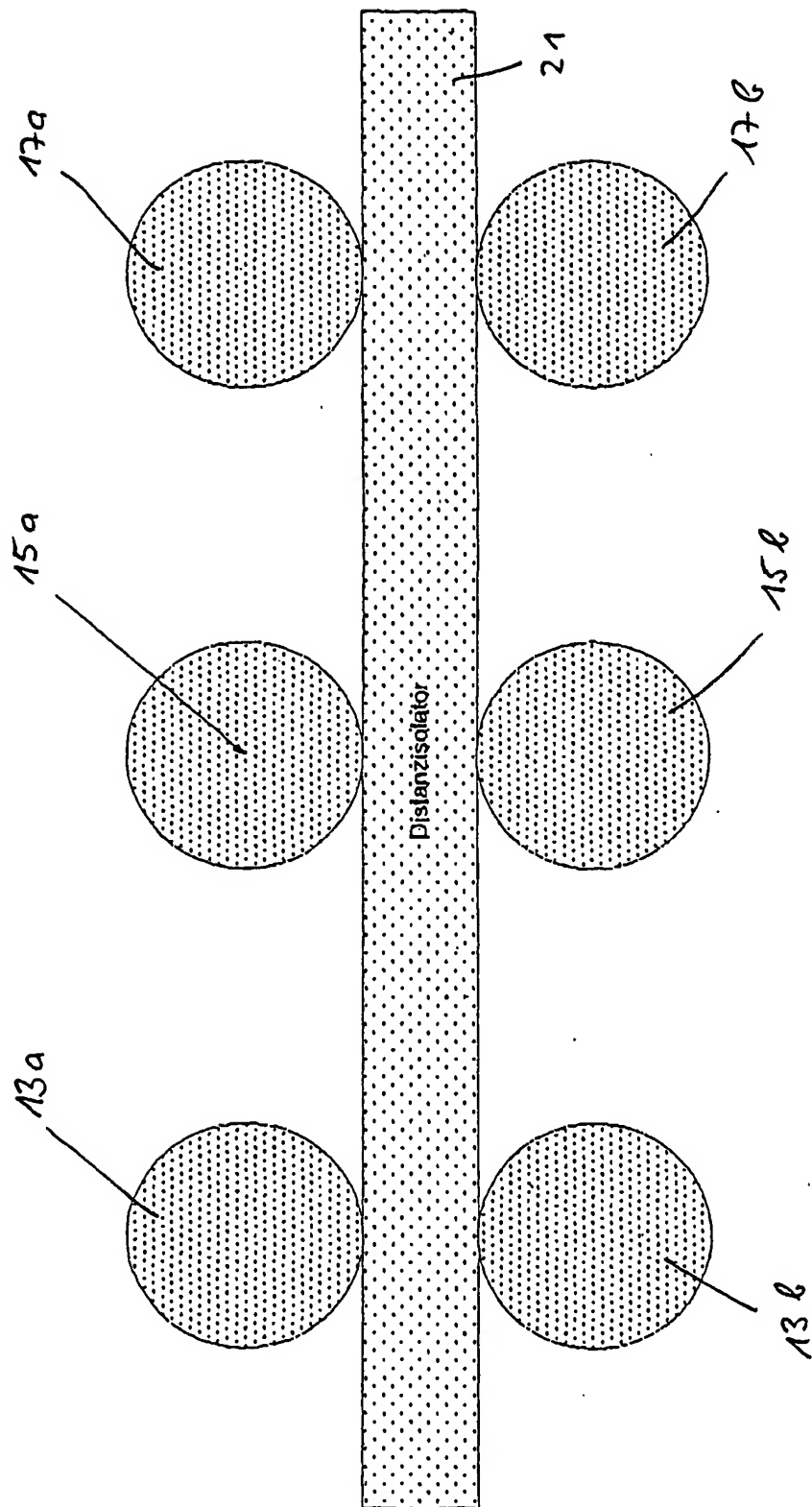


Fig. 5



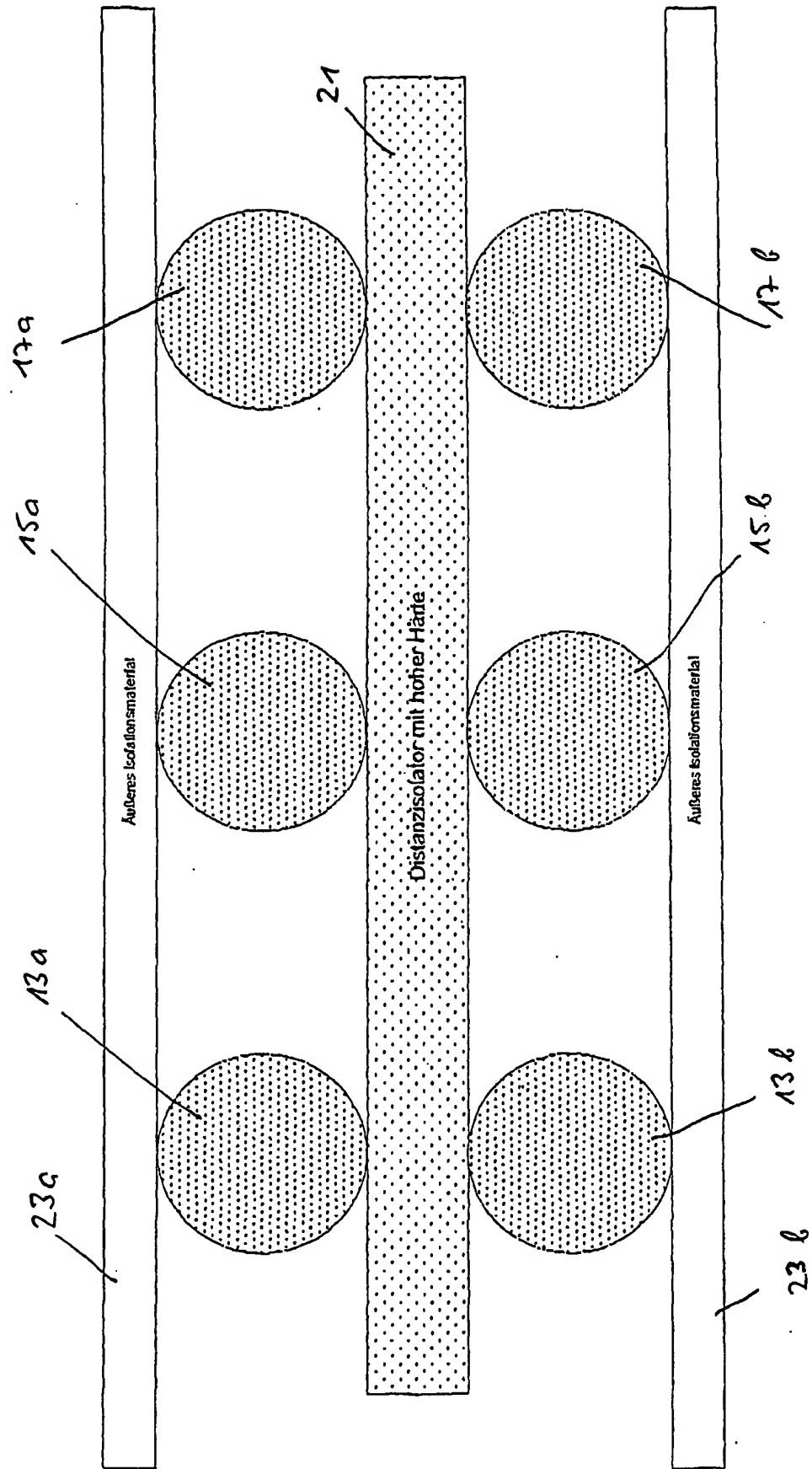


Fig. 6

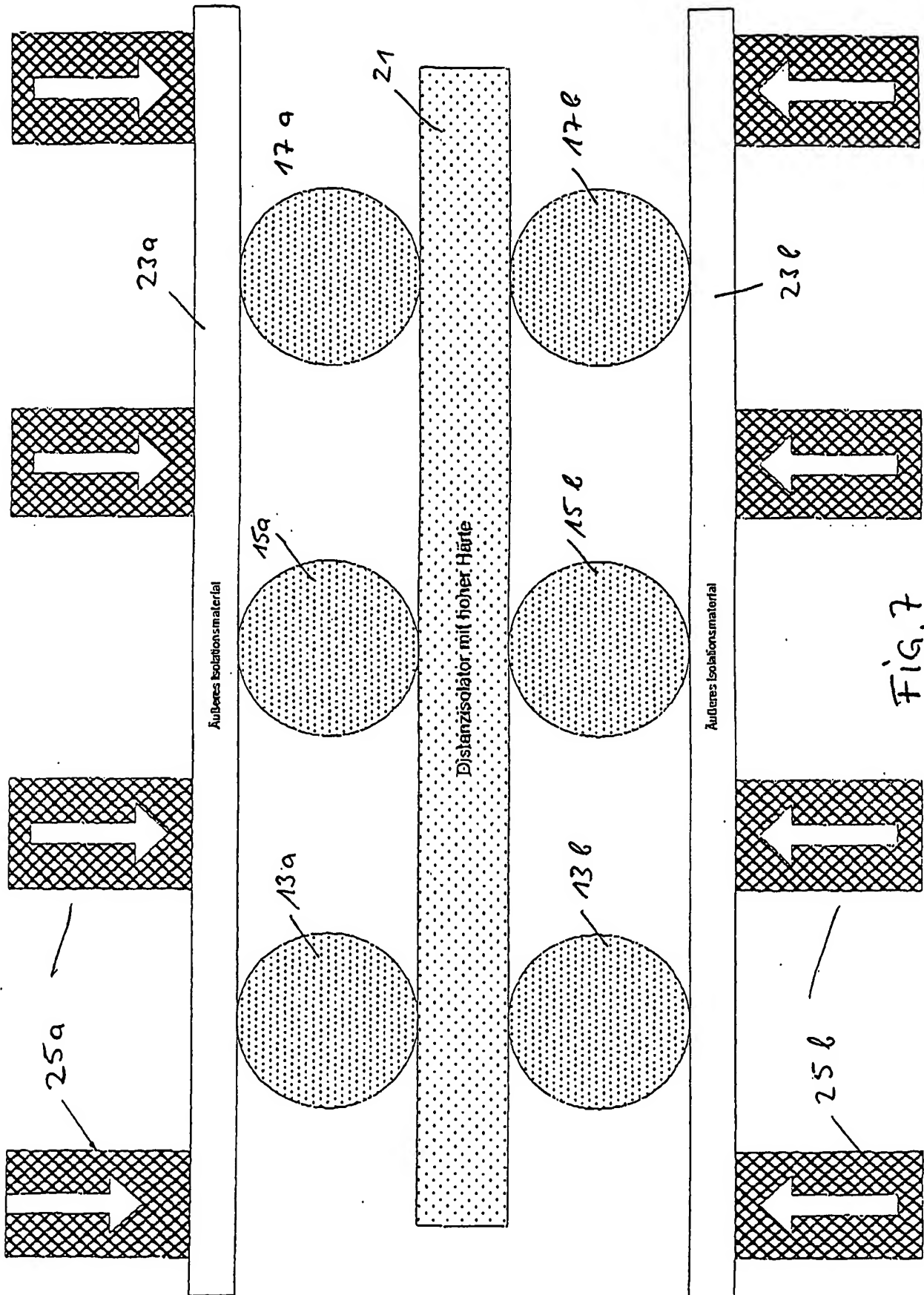
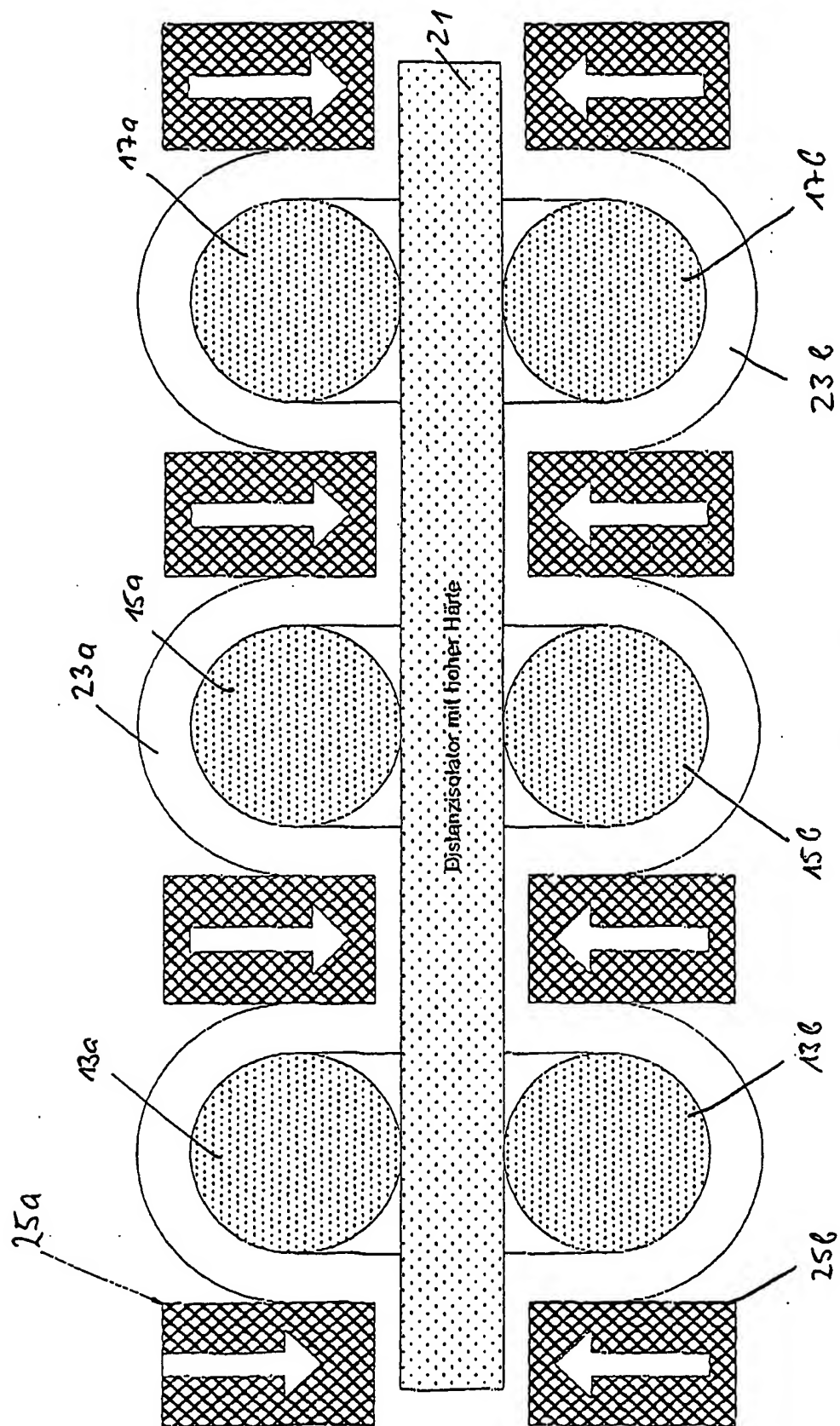


FIG. 7



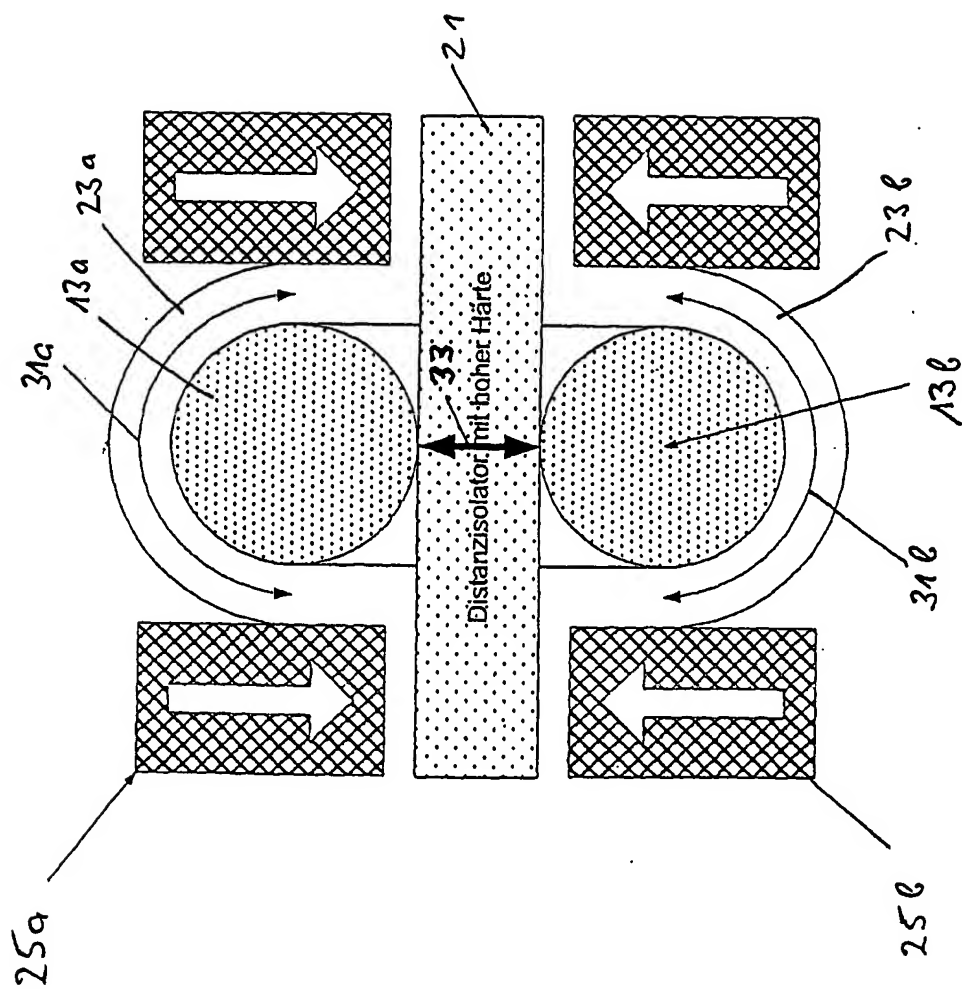


Fig. 9

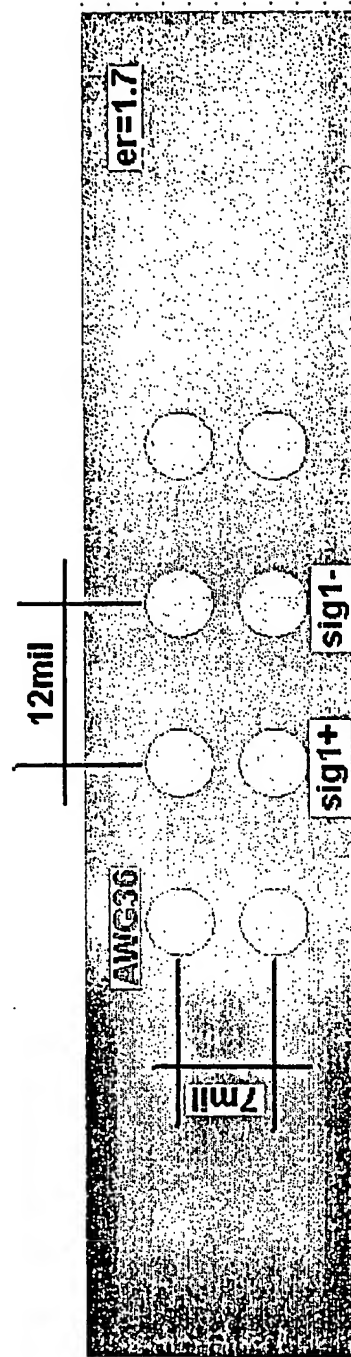


FIG. 10

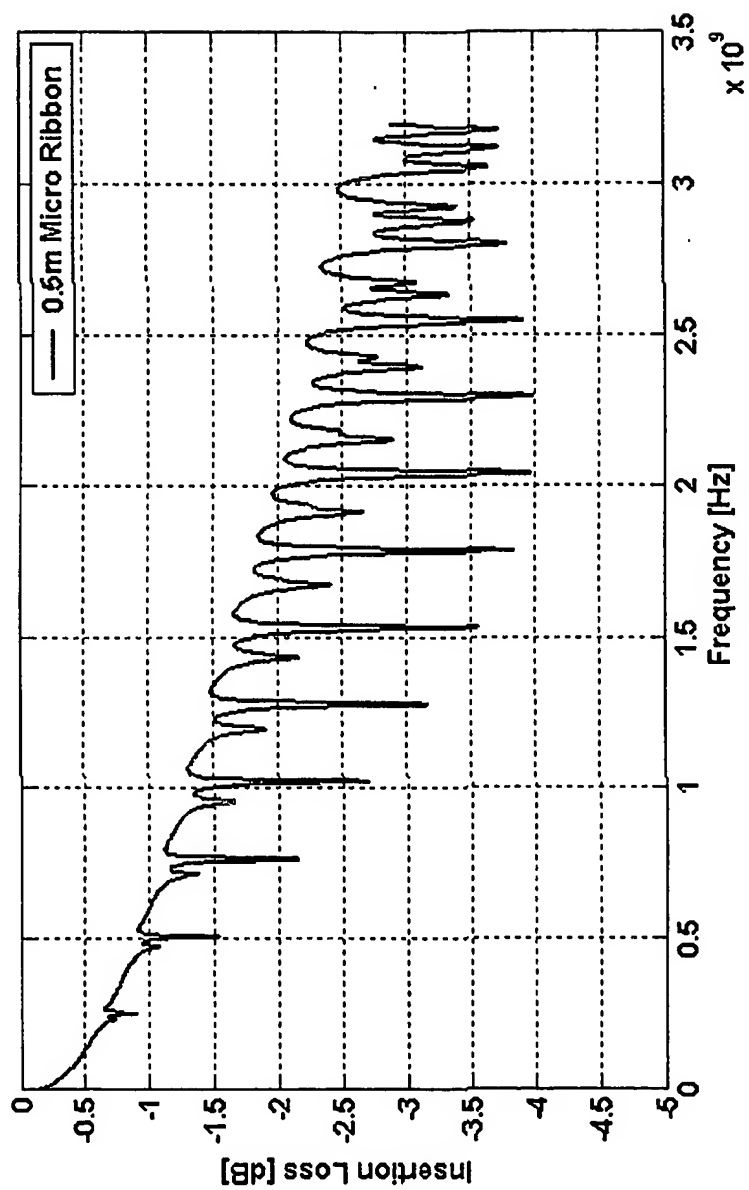


Fig. 11

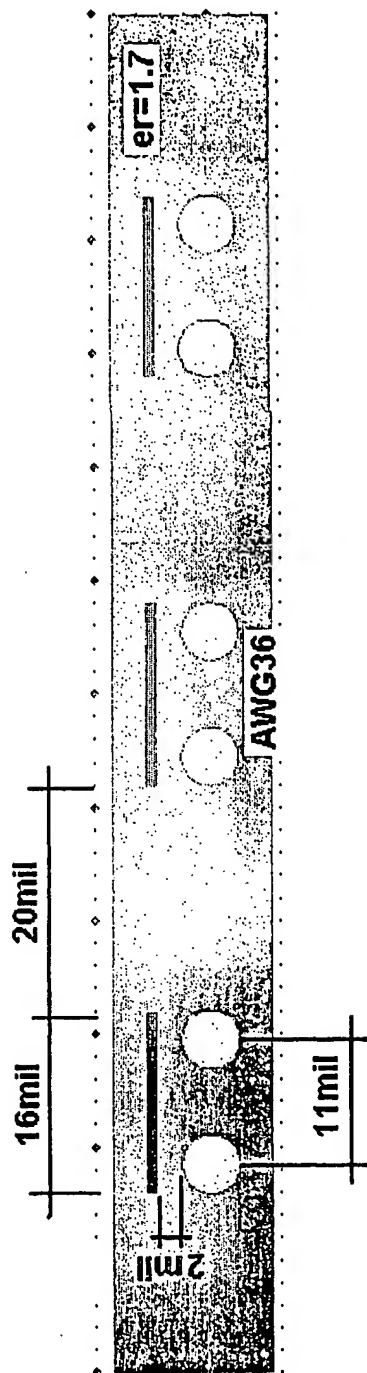


FIG.12

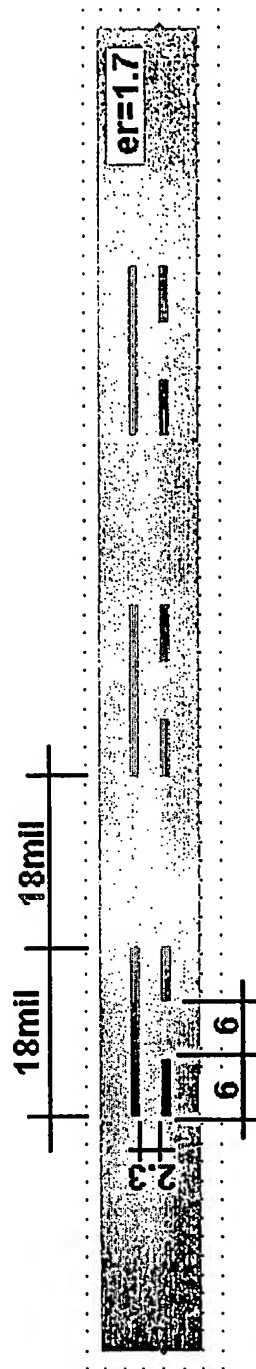


FIG.13

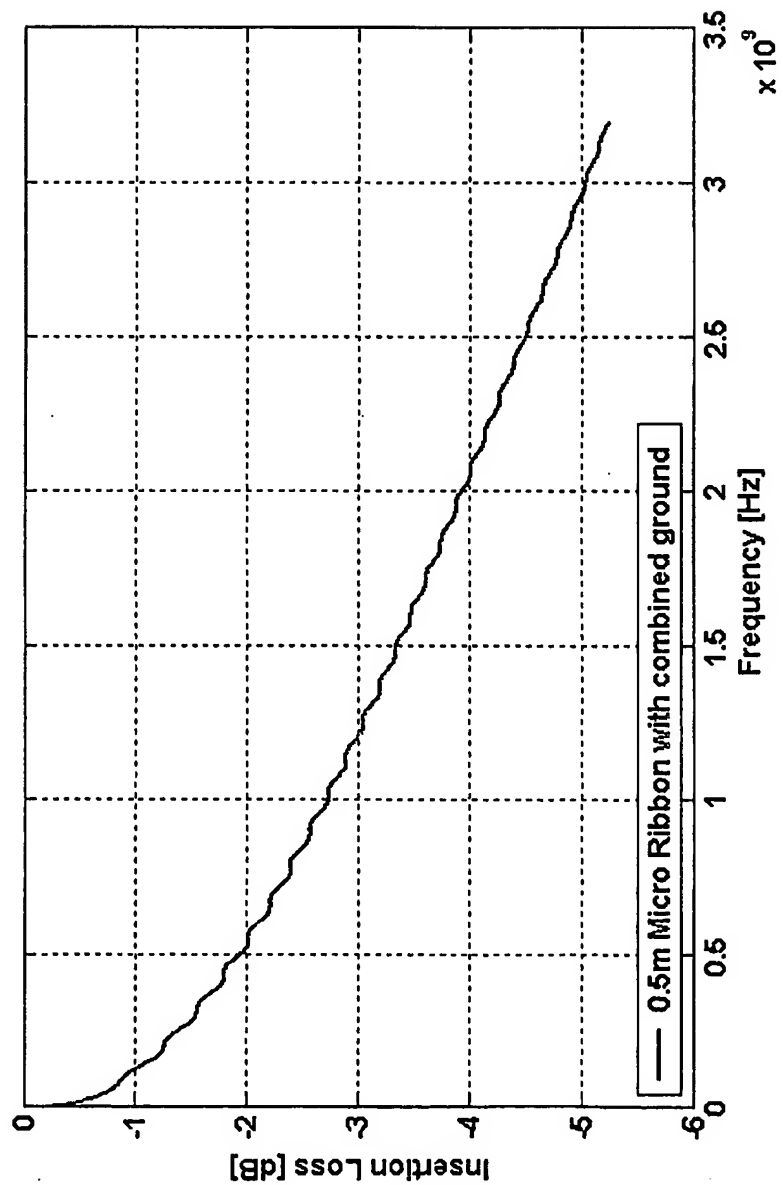


FIG. 14



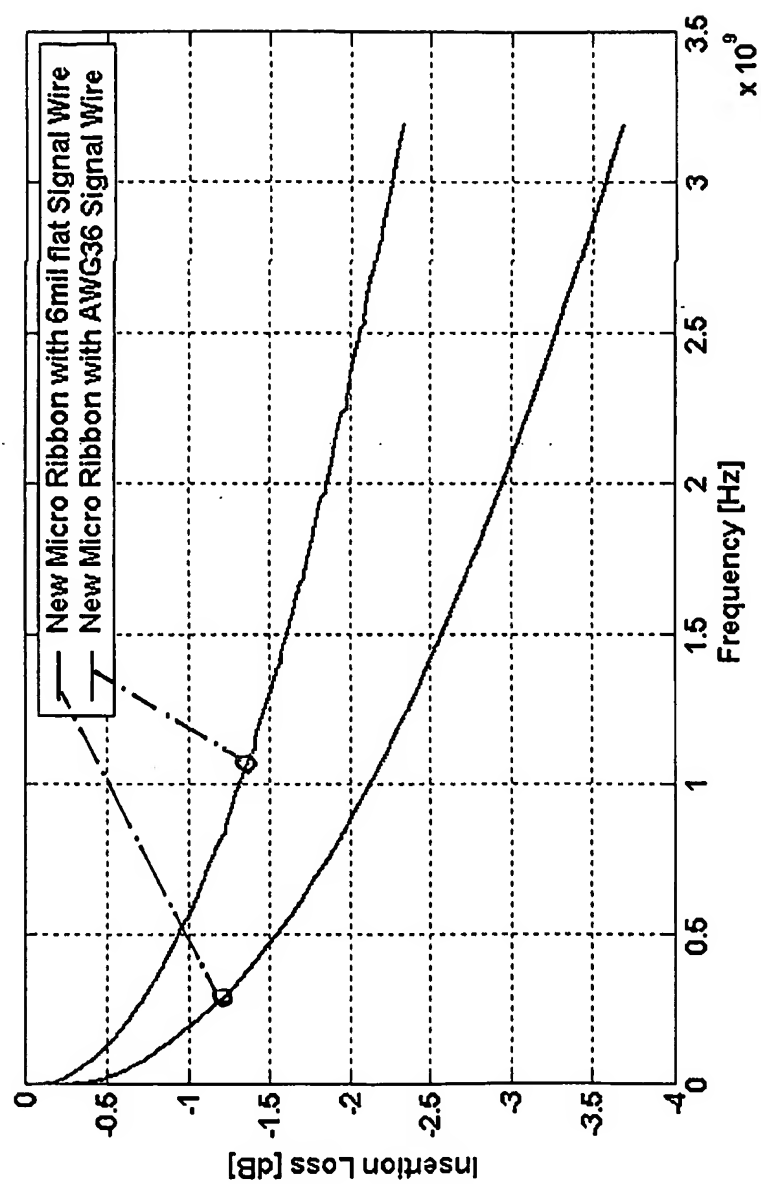


FIG. 15

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/EP2004/007589

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H01B7/08

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4 382 236 A (SUZUKI HIROSUKE) 3 May 1983 (1983-05-03) column 3, line 14 - line 55; figure 1 -----	1,18
X	US 4 707 671 A (SUZUKI HIROSUKE ET AL) 17 November 1987 (1987-11-17) column 4, line 21 - line 44; figure 1 -----	6-9
A	US 5 235 132 A (AINSWORTH JAMES C ET AL) 10 August 1993 (1993-08-10) abstract -----	1,18

☐

Further documents are listed in the continuation of box C.

☒

Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 November 2004

Date of mailing of the international search report

25/11/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Salm, R

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/007589

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4382236	A	03-05-1983	JP 1467786 C	30-11-1988
			JP 56158502 A	07-12-1981
			JP 63013563 B	26-03-1988
			AT 14954 T	15-08-1985
			AU 536341 B2	03-05-1984
			AU 6963081 A	19-11-1981
			CA 1172321 A1	07-08-1984
			DE 3171791 D1	19-09-1985
			EP 0040067 A1	18-11-1981
			GB 2075744 A , B	18-11-1981
US 4707671	A	17-11-1987	JP 2078216 C	09-08-1996
			JP 7075123 B	09-08-1995
			JP 61277111 A	08-12-1986
			JP 61277112 A	08-12-1986
			EP 0204446 A2	10-12-1986
US 5235132	A	10-08-1993	WO 9315511 A1	05-08-1993

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/007589

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
IPK 7 H01B7/08

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 H01B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 4 382 236 A (SUZUKI HIROSUKE) 3. Mai 1983 (1983-05-03) Spalte 3, Zeile 14 - Zeile 55; Abbildung 1	1,18
X	US 4 707 671 A (SUZUKI HIROSUKE ET AL) 17. November 1987 (1987-11-17) Spalte 4, Zeile 21 - Zeile 44; Abbildung 1	6-9
A	US 5 235 132 A (AINSWORTH JAMES C ET AL) 10. August 1993 (1993-08-10) Zusammenfassung	1,18

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*8\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

12. November 2004

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

25/11/2004

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Beauftragter

Salm, R

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/007589

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 4382236	A	03-05-1983	JP	1467786 C	30-11-1988
			JP	56158502 A	07-12-1981
			JP	63013563 B	26-03-1988
			AT	14954 T	15-08-1985
			AU	536341 B2	03-05-1984
			AU	6963081 A	19-11-1981
			CA	1172321 A1	07-08-1984
			DE	3171791 D1	19-09-1985
			EP	0040067 A1	18-11-1981
			GB	2075744 A , B	18-11-1981
US 4707671	A	17-11-1987	JP	2078216 C	09-08-1996
			JP	7075123 B	09-08-1995
			JP	61277111 A	08-12-1986
			JP	61277112 A	08-12-1986
			EP	0204446 A2	10-12-1986
US 5235132	A	10-08-1993	WO	9315511 A1	05-08-1993

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**